

37^o

Prêmio BNDES de Economia

MESTRADO

Estado e desenvolvimento:
a indústria de semicondutores
no Brasil

Flavia Filippin

37º

***Prêmio BNDES
de Economia***
MESTRADO

***Estado e desenvolvimento:
a indústria de semicondutores
no Brasil***

FLAVIA FILIPPIN

Rio de Janeiro, março de 2020



37º

Prêmio BNDES de Economia

MESTRADO

Estado e desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil

FLAVIA FILIPPIN

1ª edição

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos exigidos para a obtenção do título
de Mestre em Ciências Econômicas

Orientador:

Professor doutor André Martins Biancarelli

Coorientadores:

Professor doutor Jacobus Willibrordus Swart

Professor doutor Marcos José Barbieri Ferreira

Rio de Janeiro, março de 2020



Filippin, Flavia

F483e Estado e desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil / Flavia
Filippin; orientador: André Martins Biancarelli; co-orientador: Jacobus
Willibrordus Swart, Marcos José Barbieri Ferreira – Rio de Janeiro: Banco
Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2020.
438 p. : il., tabs., color. -

Inclui bibliografia.

Originalmente apresentado como dissertação para obtenção do título de mestre
em Ciências Econômicas.

Orientador: André Martins Biancarelli.

37º Prêmio BNDES de Economia, 2019, 1º lugar na categoria Mestrado.

ISBN: 978-85-87545-67-1.

1. Semicondutores – Indústria - Brasil. 2. Política pública. I. Biancarelli, André
Martins (Orient.). II. Swart, Jacobus Willibrordus (Co-orient.). III. Ferreira, Marcos
José Barbieri (Co-orient.). IV. Título.

CDD – 621.138152
COPED 002/2019

Apresentação

Esta dissertação de mestrado em Economia, *Estado e desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil*, de Flavia Filippin, ora editada pelo BNDES, obteve o 1º lugar na categoria Mestrado no 37º Prêmio BNDES de Economia, realizado em 2017.

Sua autora é brasileira, bacharel em Relações Internacionais e em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestre em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), tendo como orientador o professor doutor André Martins Biancarelli.

Na categoria Mestrado, concorreram ao 37º Prêmio BNDES de Economia 32 dissertações, inscritas por 12 centros de pós-graduação em Economia de universidades brasileiras.

A comissão examinadora formada para apreciar as dissertações foi presidida por Ana Cláudia Além (BNDES) e composta pelos professores André de Matos Marques (Universidade Federal da Paraíba); Andrea Sales Soares de Melo (Universidade Federal de Pernambuco); Dênis Antônio da Cunha (Universidade Federal de Viçosa); Fernanda Faria Silva (Universidade Federal de Ouro Preto); Gilson Geraldino da Silva Júnior (Universidade Federal de Santa Catarina); João Victor Issler (Fundação Getulio Vargas – RJ); Guilherme Baptista da Silva Maia (BNDES); e José Antônio Pereira de Souza (BNDES).

Na 37ª edição do concurso, também foram premiadas as seguintes dissertações:

2º lugar – Francielly de Fátima Almeida (Universidade Federal de Uberlândia – UFU) – *Inserção nas cadeias globais de valor como uma estratégia para o crescimento brasileiro: teoria, modelo e evidências empíricas*.

3º lugar – Thiago Cavalcante Simonato (Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG) – *Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana – MG*.

Ao longo de 37 edições de realização do Prêmio BNDES de Economia, foram premiadas 187 dissertações e teses e publicados, pelo BNDES, 62 desses trabalhos, totalizando a edição de cerca de 150 mil exemplares.

Ao Brasil dos meus sonhos.

“Por que determinados termos teóricos persistem, mesmo quando certas condições históricas nas quais apareceram se alteram? No caso de desenvolvimentismo, a resposta parece simples: as condições históricas ou os ‘problemas’ que deram ensejo ao seu aparecimento [...] não foram superados. Enquanto persistirem, parece improvável que caia em desuso e não granjeie adeptos, embora seu programa como projeto de superação do status quo exija permanente reatualização”
(FONSECA, 2014, p. 70)

“O importante para o governo é não fazer coisas que indivíduos já estão fazendo, e fazê-las um pouco melhor ou um pouco pior; mas fazer aquelas coisas que no momento não são feitas por ninguém”¹
(KEYNES, 1978, p. 291)

“A iniciativa privada, na história da civilização, nunca liderou projetos grandes, caros e perigosos com riscos desconhecidos. [...] Quando se combinam todos esses fatores, não é possível criar uma avaliação de mercado de capitais dessa atividade”²
(NEIL..., 2012)

¹ Todas as traduções realizadas nesta edição são traduções livres. “The important thing for government is not to do things which individuals are doing already, and to do them a little better or a little worse; but to do those things which at present are not done at all.”

² “Private enterprise, in the history of civilization, has never led large, expensive, dangerous projects with unknown risks. [...] When you combine all those factors, you can not create a capital market valuation of that activity.”

Resumo

A indústria de semicondutores é um dos setores mais dinâmicos e relevantes da economia global. Em função do seu caráter estratégico, o governo brasileiro vem incentivando o renascimento do setor desde o início dos anos 2000 por meio de diversas políticas. Como resultado, há hoje embriões de uma indústria de semicondutores no Brasil: são mais de quarenta instituições atuando em todas as etapas da cadeia de valor e em diversos segmentos de componentes semicondutores. Esta dissertação busca descrever e analisar a indústria de semicondutores no Brasil, bem como as políticas públicas implementadas, de forma a verificar qual é o papel desempenhado pelo Estado no desenvolvimento dessa indústria. Atenção especial é dada às três iniciativas na etapa de *front-end* de circuitos integrados (CI) e componentes fotônicos. Para atingir seus objetivos, este trabalho tem como ponto de partida a revisão da literatura nacional e internacional sobre desenvolvimentismo. Esta discussão acerca do papel do Estado na promoção do desenvolvimento volta-se a evidenciar as lacunas existentes no debate brasileiro sobre o tema e apontar linhas de ação possíveis. Analisa-se também a literatura específica sobre a indústria de semicondutores, tanto para expor os fatos mais relevantes acerca da organização desse setor no mundo, quanto para analisar o diagnóstico existente sobre o setor no Brasil. Indo além da literatura, este trabalho examina também uma série de fontes primárias. Por um lado, analisam-se diversos documentos oficiais com o intuito de colher informações sobre políticas públicas e outras ações estatais. Por outro lado, faz-se uma pesquisa de campo mediante questionários com as empresas da indústria de semicondutores identificadas no Brasil e entrevistas com autoridades ligadas ao setor. Por fim, examinam-se também notícias veiculadas na imprensa nacional e inter-

nacional. As duas principais conclusões dizem respeito: (i) ao processo de construção da política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil – foi a burocracia intermediária e estável do Governo Federal que carregou a bandeira do setor e agiu em seu favor –; e (ii) à participação direta e comprometida do Estado, que é fundamental para a viabilização de empreendimentos na etapa de fabricação de componentes semicondutores mais complexos. Entretanto, ainda que muitos resultados já tenham aparecido, o sucesso desse esforço depende da continuidade e atualização dessa política. Dessa forma, é preciso que a indústria de semicondutores seja continuamente considerada estratégica e prioritária, ou seja, que recupere a posição de destaque de que gozou no passado.

Palavras-chave: Estado desenvolvimentista. Indústria de semicondutores. Microeletrônica. Política industrial. Política setorial. Incentivo fiscal. Brasil.

Abstract

The semiconductor industry is one of the most dynamic and relevant sectors of the global economy. Because of its strategic status, the Brazilian government has encouraged the revival of the sector since the early 2000s through various policies. As a result, today there are early-stage initiatives of a semiconductor industry in Brazil: more than 40 institutions operating in all stages of the value chain and in various product segments. This dissertation seeks to describe and analyze the semiconductor industry in Brazil and the public policies in order to investigate the role of the State in the development of this industry. Special attention is given to three initiatives of front-end fabrication. To achieve its objectives, this work starts by reviewing the Brazilian and international literature on developmentalism. This discussion about the state's role in promoting development seeks to highlight the gaps in the Brazilian debate on the issue and identify possible courses of action. It also analyzes the specific literature on the semiconductor industry to both expose the most relevant facts about the organization of this sector in the world, and to analyze the existing diagnosis of the sector in Brazil. Going beyond the literature, however, this study also examines a number of primary sources. On the one hand, several official documents are analyzed in order to gather information on public policy and other state actions. On the other hand, this work promotes a field survey through questionnaires with semiconductor companies identified in Brazil and interviews with authorities from the sector. Finally, the work also uses reports in the national and international press. The main conclusions of this work relate to: (i) the way the policy for the semiconductor industry was constructed in Brazil – it was the intermediate and stable bureaucracy of the Federal Government

that defended the interests of this sector and acted on its behalf –; and (ii) the direct and committed assistance from the state, which is essential for the enterprises in the front-end stage of the fabrication of complex semiconductor components to become true. Although many results have already appeared, the success of this effort depends on this policy being continued and updated. Therefore, it is necessary that the semiconductor industry is continuously considered strategic and priority, i.e. to recover the prominent position it experienced in the past.

Keywords: Developmental state. Semiconductor industry. Microelectronics. Industrial policy. Sectoral policy. Tax incentive. Brazil.

Lista de figuras

Figura 1. Estrutura da Política de Desenvolvimento Produtivo	102
Figura 2. Estrutura do Plano Brasil Maior.....	104
Figura 3. Cadeia produtiva e modelos de negócios da indústria de semicondutores	112
Figura 4. Faturamento da indústria mundial de semicondutores, 1977-2015 (US\$ bilhões correntes)	116
Figura 5. Taxa de crescimento anual do faturamento da indústria mundial de semicondutores, 1978-2015	117
Figura 6. Mercado de circuitos integrados, 1980-2019: tamanho do mercado (US\$ bilhões) – eixo esquerdo – e taxas de crescimento anual por década – eixo direito.....	118
Figura 7. Mercados consumidores de circuitos integrados, 2014, e expectativas de crescimento, 2013-2018: tamanho dos mercados (US\$ bilhões) – rótulos –, participação no setor – eixo vertical – e taxas de crescimento anuais esperadas – eixo horizontal.....	119
Figura 8. Distribuição das vendas da indústria de semicondutores por segmentos de produtos, 2015: vendas por segmento (US\$ bilhões) – azul – e taxa de crescimento em relação ao ano anterior – verde	120
Figura 9. Participação das empresas líderes em vendas na indústria de semicondutores, 1985-2015: vendas das dez maiores empresas e do total da indústria (US\$ bilhões) – eixo esquerdo – e participação das dez maiores empresas no total (%) – eixo direito	122
Figura 10. <i>Market share</i> das empresas de semicondutores por país-sede da matriz, 1984-2015.....	125
Figura 11. <i>Market share</i> das empresas de circuitos integrados por país-sede da matriz e por modelo de negócios, 2015	126

Figura 12. Capacidade instalada na indústria de semicondutores por região ou país, dez. 2015: capacidade mensal em unidade equivalente a <i>wafers</i> de 200 mm e participação na capacidade instalada mundial.....	127
Figura 13. Algumas previsões sobre o fim da Lei de Moore, data em que foi feita a previsão e data prevista para o fim da Lei de Moore: fatores econômicos – azul – e fatores técnicos – verde	131
Figura 14. Evolução do tamanho dos transistores e da quantidade de transistores que pode ser comprada com US\$ 1, 2002-2015.....	133
Figura 15. Investimento em pesquisa e desenvolvimento na indústria de semicondutores, 1978-2019 (US\$ bilhões – eixo esquerdo – e como percentual da receita – eixo direito)	134
Figura 16. Gasto em pesquisa e desenvolvimento como percentual da receita em setores selecionados da indústria manufatureira, 2015	136
Figura 17. Evolução da tecnologia utilizada pela Intel, 1993-2014.....	137
Figura 18. Nodos tecnológicos, requerimento de capital para construir fábricas no estado da arte e desenvolver tecnologias de processo (US\$ bilhões) e número de <i>players</i> com fábricas no estado da arte nos segmentos de memórias e circuitos lógicos, 2001-2014	139
Figura 19. Vendas de circuitos integrados fabricados para terceiros, 2009-2018: vendas (US\$ bilhões) – eixo esquerdo – e taxa de crescimento anual – eixo direito	145
Figura 20. Comparação da <i>performance</i> de memórias <i>dynamic random access memory</i> , nas décadas de 1980 e 1990	166
Figura 21. Comparação da <i>performance</i> de microprocessadores, na década de 1990.....	168

Figura 22. As metas da política chinesa para a indústria de semicondutores.....	176
Figura 23. Fluxo comercial brasileiro de componentes semicondutores, 2000-2015: exportações e importações de componentes discretos e de componentes integrados – barras (US\$ milhões no eixo esquerdo) – e saldo comercial setorial – linha (US\$ milhões no eixo direito em escala invertida).....	198
Figura 24. Importações de componentes discretos, circuitos integrados e mídias baseadas em semicondutores, 2008-2015 (US\$ milhões).....	199
Figura 25. Evolução do valor da transformação industrial do complexo eletroeletrônico e do segmento de componentes eletrônicos, 1996-2013 (R\$ milhões, valores constantes).....	201
Figura 26. Evolução da participação do complexo eletroeletrônico e segmento de componentes eletrônicos no valor da transformação industrial brasileira, 1996-2013.....	202
Figura 27. Síntese dos fatores críticos ao investimento na indústria de semicondutores no Brasil	232
Figura 28. Faturamento das empresas da indústria de semicondutores no Brasil, 2015 (R\$ milhões)	313
Figura 29. Número de empregados nas empresas da indústria de semicondutores no Brasil, 2015	313

Lista de tabelas

Tabela 1. Líderes em vendas na indústria de semicondutores, 1985-2015: vendas das dez maiores empresas (US\$ bilhões)	121
Tabela 2. Adoção de novos nodos tecnológicos em <i>dedicated foundries</i> selecionadas, 2011-2014: contribuição de cada nodo para o faturamento total da empresa (%).....	130
Tabela 3. Líderes em investimento em pesquisa e desenvolvimento na indústria de semicondutores, 2013-2014: vendas e gastos (US\$ bilhões)	135
Tabela 4. Líderes em produção de <i>chips</i> para terceiros, 2014-2015: vendas (US\$ milhões)	146
Tabela 5. Programa Nacional de Microeletrônica – acadêmico, 2003-2005: estimativas de investimento para formação de recursos humanos (US\$ mil).....	222
Tabela 6. CI-Brasil: metas para criação de <i>design houses</i> nacionais.....	243
Tabela 7. CI-Brasil: metas para atração de <i>design houses</i> internacionais	243
Tabela 8. CI-Brasil: estimativas de investimento no programa de treinamento de projetistas.....	244
Tabela 9. CI-Brasil: recursos destinados à formação de pessoal pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2007-2013 (R\$ milhões)	246
Tabela 10. Indicadores do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores	263
Tabela 11. Indicadores do Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada, 2011-2015.....	351
Tabela A1. Indicadores selecionados da indústria eletrônica no Brasil, 2002-2015	436
Tabela A2. Principais produtos eletrônicos exportados pelo Brasil, 2010-2015 (US\$ FOB milhões)	437
Tabela A3. Principais produtos eletrônicos importados pelo Brasil, 2010-2015 (US\$ FOB milhões)	437

Lista de quadros

Quadro 1. Programa Nacional de Microeletrônica: categorias de empreendimentos na cadeia produtiva de circuitos integrados e investimentos requeridos.....	213
Quadro 2. Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior: algumas ações e medidas propostas para a área de semicondutores.....	240
Quadro 3. <i>Design houses</i> no Brasil	247
Quadro 4. Instrumentos legais para desenvolvimento de mercado para semicondutores no Brasil	279
Quadro 5. Mapeamento das empresas de semicondutores no Brasil.....	314
Quadro 6. Produtos do Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada, 2015	351
Quadro 7. Resumo dos projetos aprovados no Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores	418
Quadro 8. Projetos apoiados pela Finep.....	428

Lista de abreviaturas e siglas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

Abimaq – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos

Abinee – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

Abisemi – Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores

AMD – *advanced micro devices*

Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações

Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

Arpa – Advanced Research Projects Agency

ASE – Advanced Semiconductor Engineering

ASIC – *application specific integrated circuit*

ASSP – *application specific standard product*

AT&T – American Telephone & Telegraph Company

BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais

BGA – *ball grid array*

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BNDESPAR – BNDES Participações S.A.

BOC – *board on chip package*

C.E.S.A.R – Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife

CBS – Companhia Brasileira de Semicondutores

CCSNano – Centro de Componentes Semicondutores e Nanotecnologias

Ceitec – Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada

Ceitec S.A. – Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada

CI – circuito integrado

CMOS – *complementary metal-oxide-semiconductor*

Cnae – Classificação Nacional das Atividades Econômicas

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Cofins – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações

CSEM – Centre Suisse d’Electronique et de Microtechnique

CT – Centro de Treinamento

CT-PIM – Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Polo Industrial de Manaus

CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer

Darpa – Defense Advanced Research Projects Agency

DBS – *developmental bureaucratic State*

DH – *design house*

DHBH – Design House Belo Horizonte

DOU – *Diário Oficial da União*

DNS – *developmental network State*

DRAM – *dynamic random access memory*

DSP – *digital signal processor*

EDA – *eletronic design automation*

EEPROM – *electrically erasable programmable read-only memory*

Eletros – Fundação Eletrobras de Seguridade Social

eMMC – *embedded multimedia card*

eMPC – *embedded multi-chip package memory*

EPROM – *erasable programmable read-only memory*

ERSO – Electronic Research and Service Organization

EUA – Estados Unidos da América

Fapemig – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FBGA – *fine pitch ball grid array package*
FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FPGA – *field programmable gate array*
Funtec – Fundo Tecnológico
Funttel – Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações
Fust – Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações
GTI-Padis – Grupo Técnico Interministerial
IBM – International Business Machines Corporation
IDC – International Data Center
IDM – *integrated device manufacturers*
IGP-DI – Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IoT – *internet of things*
IP – *intellectual property*
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
ITRI – Industrial Technology Research Institute
LCD – *liquid crystal display*
LED – *light emitting diode*
LME – Laboratório de Microeletrônica
LNLS – Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
LPDRAM – *low power dynamic random access memory*
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MCU – *microcontroller unit*
Mdic – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Mems – *microelectromechanical system*
Mosfet – *metal-oxide-semiconductor field-effect transistor*

MPU – *microprocessor unit*

Nasa – National Aeronautics and Space Administration

NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul

NIH – National Institutes of Health

NPCI – Núcleo de Projetistas de Circuitos Integrados

Oled – *organic light-emitting diode*

OPV – *organic photovoltaics*

OS – organização social

P&D – pesquisa e desenvolvimento

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

Padis – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores

Pasep – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PBM – Plano Brasil Maior

PDP – *plasma display panel*

PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo

PIB – produto interno bruto

PIS – Programa de Integração Social

Pitce – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior

PLD – *programmable logic device*

Pmub – Projeto Multiusuário Brasileiro

PNM – Programa Nacional de Microeletrônica

PNM-*Design* – Programa Nacional de Microeletrônica – *Design*

PNM-Acadêmico – Programa Nacional de Microeletrônica – Acadêmico

PPA – Plano Plurianual

PPB – processo produtivo básico

PPI – Programa e Projetos Prioritários em Tecnologia da Informação

ProTeM CC – Programa Temático Multi-institucional em Ciência da Computação

PSI – Programa de Sustentação do Investimento

PUC-RS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RDC-TIC – Programa Rede de Desenvolvimento de Competências em Tecnologias da Informação e Comunicação

Recof – Regime Aduaneiro de Entrepósito Industrial sob Controle Informatizado

RFID – *radio-frequency identification*

RNP – Programa Rede Nacional de Ensino e Pesquisa

RNTRC – Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Cargas

ROM – *read-only memory*

SBC – Sociedade Brasileira de Computação

SBMicro – Sociedade Brasileira de Microeletrônica

SD – *secure digital*

SDRAM – *synchronous dynamic random access memory*

SEI – Secretaria Especial de Informática

Sematech – Semiconductor Manufacturing Technology

Sepin – Secretaria de Política de Informática

SDHC – *secure digital high capacity*

Siniav – Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos

SiP – *system in a package*

SIP – *silicon intellectual property*

Siscomex – Sistema Integrado de Comércio Exterior

SLIC – *subscriber line interface circuit*

SoC – *system on a chip*

Softex – Programa para Promoção da Excelência do Software Brasileiro

SPIL – Siliconware Precision Industries

SRAM – *static random-access memory*

Sudene – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

Suframa – Superintendência da Zona Franca de Manaus

Tecnopuc – Parque Científico e Tecnológico da PUC-RS

TFEL – *thin film electroluminescence*

TI – Texas Instruments

TIC – tecnologia da informação e comunicação

TSMC – Taiwan Semiconductor Manufacturing Company

TSOP – *thin small outline package*

UFD – *USB flash drive*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

UMC – United Microelectronics Corporation

Unctad – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

USB – *universal serial bus*

USP – Universidade de São Paulo

VBP – valor bruto da produção

VLSI – *very large-scale integration*

VTI – valor da transformação industrial

Sumário

1. Introdução	29
2. Desenvolvimentismo(s) e a atuação industrializante do Estado no Brasil	41
2.1 Desenvolvimentismos na literatura econômica internacional.....	43
2.2 Desenvolvimentismos na literatura econômica brasileira.....	67
2.3 Aspectos da ação estatal no Brasil, 2003-2014	85
2.4 Considerações finais	107
3. A indústria de semicondutores	109
3.1 Definição da indústria de semicondutores.....	110
3.2 Organização setorial e distribuição geográfica.....	115
3.3 Principais tendências tecnológicas e econômicas.....	127
3.4 Estratégias de inserção e apoio governamental na indústria de semicondutores	151
3.5 Considerações finais	178
4. A política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil.....	181
4.1 As iniciativas empresariais e governamentais anteriores aos anos 2000	182
4.2 O renascimento da política para semicondutores no Brasil.....	189
4.3 O diagnóstico existente na literatura	194
4.4 As políticas governamentais	209
4.4.1 O Programa Nacional de Microeletrônica, 2001-2002.....	210
4.4.2 O estudo do BNDES, 2003.....	223

4.4.3 As políticas industriais e a estratégia da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior para a indústria de semicondutores, 2004	234
4.4.4 O Programa CI-Brasil, 2005.....	241
4.4.5 O Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores, 2007 ..	258
4.4.6 Mecanismos de criação de mercado e outros instrumentos de incentivo	274
4.5 Análise e discussão de resultados	287
4.6 Considerações finais	307
5. A indústria de semicondutores no Brasil	311
5.1 Mapeamento do setor hoje	311
5.2 As <i>foundries</i> brasileiras.....	333
5.2.1 Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada.....	335
5.2.2 Unitec Semicondutores	357
5.2.3 BrPhotonics	365
5.3 Considerações finais	369
6. Conclusões	375
Publicações.....	383
Referências.....	385
Apêndices	413
Apêndice A – Questionário aplicado na pesquisa de campo.....	413
Apêndice B – Resumo dos projetos aprovados no Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores	417
Apêndice C – Resumo dos Projetos Apoiados pela Finep ...	427
Anexo	436
Alguns indicadores da indústria eletrônica no Brasil.....	436
Referências do Anexo.....	438

1. Introdução

A indústria de semicondutores é um dos setores mais dinâmicos e relevantes na economia global hoje. Os dispositivos semicondutores são o cerne da Era da Informação e da Telecomunicação (PEREZ, 2002). Mais ainda, esses componentes são ubíquos, ou seja, eles estão em toda parte – não apenas em todos os produtos da indústria eletrônica, mas também nos automóveis, nos equipamentos médicos, no agronegócio, nos sistemas de automação, nos equipamentos de telecomunicações, nos equipamentos de defesa, na indústria de entretenimento, nos cartões de banco, nos documentos de identificação pessoal etc. O número de aplicações que utilizam componentes semicondutores cresce constantemente. Tudo isso é acompanhado por rápidas e intensas mudanças tecnológicas, que tornam os dispositivos semicondutores cada vez menores, mais potentes e mais baratos. E a pervasividade dos semicondutores é explicada justamente por essa tendência de preços declinantes, pois ela incentiva o uso desses componentes em um número crescente de aplicações, aumentando a produtividade de toda a economia.

A indústria de semicondutores deve continuar sendo central para o desenvolvimento econômico. Em 2016, o tema do encontro anual do Fórum Econômico Internacional foi a próxima revolução industrial, que, assim como a última, também está intimamente relacionada com a microeletrônica.¹ Defendeu-se, nessa ocasião, que a Quarta Revolução

¹ *A economia convencional considera que houve, até o presente, três revoluções industriais. A primeira introduziu a mecanização da produção e o motor a vapor; a segunda introduziu a produção em massa e a energia elétrica; e a terceira foi a revolução digital. Perez (2002), por outro lado, defende que houve cinco revoluções tecnológicas: a Revolução Industrial (1771), a Era do Vapor e das Ferrovias (1829), a Era do Aço e da Engenharia Pesada (1875), a Era dos Automóveis, do Petróleo e da Petroquímica (1908) e a Era da Informação e da Telecomunicação (1971).*

Industrial – também conhecida como Indústria 4.0² ou Revolução da Internet das Coisas – irá alterar a indústria manufatureira, a geração e transmissão de energia, a agricultura, o transporte e os centros urbanos, modificando as bases da competição, redesenhando as fronteiras da indústria e criando uma nova onda de empresas disruptivas. Os principais campos de avanço na Quarta Revolução Industrial são inteligência artificial, robótica, internet das coisas, veículos autônomos, impressões 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica – e a microeletrônica é horizontal a todos eles (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016; SCHWAB, 2016).

O reconhecimento dos semicondutores como *building blocks* da economia contemporânea, ou, em outras palavras, como a principal tecnologia de propósito geral existente, motivou governos de diversos países a incentivar o desenvolvimento dessa indústria. O apoio a esse setor se justifica por a indústria de semicondutores:

- possibilitar o desenvolvimento de uma ampla gama de bens e serviços intermediários e finais;
- contribuir para o crescimento econômico, pois não apenas proporciona produtos finais mais acessíveis, como também viabiliza bens de capital concomitantemente mais potentes e mais baratos;
- prover empregos bem remunerados;

² O termo Indústria 4.0 com frequência é usado para fazer referência apenas a um dos elementos constitutivos dessa Quarta Revolução Industrial: a manufatura avançada. Ela pode ser entendida como a conexão entre máquinas, insumos e sistemas que cria redes inteligentes ao longo da cadeia de valor capazes de se controlar autonomamente. Dessa forma, essas redes poderiam, por exemplo, prever falhas e desencadear processos de manutenção ou reagir a mudanças inesperadas na produção e reorganizar processos logísticos.

- ser uma fonte de vantagem competitiva; e
- ser um elemento central para a defesa nacional (WESSNER, 2003).

O Brasil, entretanto, não é um ator relevante nessa indústria, cujos expoentes são países como Estados Unidos da América (EUA), França, Alemanha, Japão, Coreia do Sul, Taiwan e China, entre outros. Nenhuma marca brasileira é mundialmente conhecida no setor. Também não há nenhuma grande fábrica de *chips* no país.

O apelo estratégico da indústria de semicondutores é claro no Brasil. Esse setor é fundamental para o adensamento da cadeia produtiva do complexo eletrônico e para o aumento da competitividade da indústria brasileira de bens finais. A presença desse setor no Brasil também contribuiria para a redução do déficit comercial, uma vez que o país é um grande produtor de produtos eletrônicos de consumo, mas depende da importação de componentes semicondutores e de *displays* para abastecer suas linhas de produção. Além disso, o pleno desenvolvimento de uma indústria nacional de semicondutores traria outros benefícios, por exemplo, o transbordamento das atividades inovativas para os demais segmentos industriais que utilizam soluções eletrônicas, pois o setor é intensivo em escala, capital e conhecimento e pratica altos e contínuos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Dessa forma, a deficiência do Brasil na produção de componentes semicondutores compromete a competitividade de setores baseados em eletrônica, causa impacto negativo na balança comercial e prejudica o domínio tecnológico em questões de segurança nacional e estratégia governamental (ABDI, 2011).

Ciente disso, o governo brasileiro vem apoiando o desenvolvimento do setor desde o início dos anos 2000 por meio de várias iniciativas: o Programa Nacional da Microeletrônica, de 2002, o Programa CI-Brasil, de 2005, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnoló-

gico da Indústria de Semicondutores (Padis), de 2007, a transformação do Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec) em empresa pública federal, em 2008, a participação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) na constituição da Unitec Semicondutores, entre outras. Como resultado, há hoje embriões de uma indústria de semicondutores no Brasil: 42 empresas e instituições, distribuídas em nove estados e no Distrito Federal, atuando em todas as etapas da cadeia produtiva de diversos tipos de componentes semicondutores.

Vale lembrar, entretanto, que isso configura não o nascimento do setor no Brasil, mas o seu renascimento. Na década de 1980, havia mais de vinte empresas de dispositivos semicondutores no Brasil, entre as quais filiais das principais empresas do setor no mundo naquele período. A reserva de mercado e a posterior abertura abrupta no início dos anos 1990, no entanto, alteraram radicalmente este cenário. Praticamente nenhuma das empresas sobreviveu. As empresas estrangeiras se retiraram rapidamente e passaram a suprir o mercado interno via importações. As empresas nacionais buscaram resistir por mais alguns anos, mas também acabaram encerrando as suas atividades. As únicas empresas que permanecem operando são a Semikron, empresa alemã que se instalou no Brasil na década de 1970 e que produz componentes semicondutores discretos, e a Motorola (atualmente NXP), que iniciou sua operação no Brasil em 1967 e instalou uma *design house* (DH) em Campinas em 1997 (BRASIL, 2002b; BNDES, 2003; SEMIKRON..., 2012).

Esta dissertação de mestrado tem como objetos o movimento de renascimento da indústria brasileira de semicondutores e as políticas públicas que visam desenvolver o setor. O foco principal será explorar não só as medidas de incentivo ao setor em geral, mas principalmente as ações que representam envolvimento direto do Estado nessa indús-

tria. Isso se justifica pelo fato de que somente empresas com participação direta do Estado estão se aventurando na etapa de fabricação propriamente dita de componentes semicondutores complexos, o que é um indício da necessidade de haver um esforço estatal significativo para promover a transformação econômica nacional.

Este trabalho parte de dois pressupostos fundamentais. O primeiro parte da ideia de que a especialização produtiva dos países não é neutra.³ Os setores que compõem a matriz industrial de um país têm efeitos dinâmicos internos e afetam a sua inserção na divisão internacional do trabalho. A presença ou dominância de determinados setores garante a autodeterminação da acumulação de capital e uma posição no topo da hierarquia das nações na divisão internacional do trabalho.⁴ O segundo considera que o livre jogo das forças de mercado não promove crescimento ou desenvolvimento nem garante dinamismo à economia. Sem a ação decisiva do Estado, não há esperança de uma economia periférica adentrar o rol das economias avançadas e industrializadas. Ou seja, não é possível alterar a posição do país na divisão internacional do trabalho se o Estado não assumir a sua função de promotor da transformação econômica.

Além da extrema relevância do tema a ser estudado, outra motivação para este trabalho foi a literatura existente, que, embora apresente qualidade, não é vasta o suficiente. Há apenas um trabalho recente (RIVERA *et al.*, 2015), e importantes referências (BAMPI, 2008/2009; GUTIERREZ; MENDES, 2009, por exemplo) foram escritas quando o Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec S.A.) –

³ *Esse pressuposto é embasado por diversos autores mencionados no Capítulo 2, em especial Evans (2004) e Baptista (2000).*

⁴ *Esse pressuposto contrasta radicalmente com a célebre afirmação de Michael Boskin, assessor econômico de George H. W. Bush durante a campanha presidencial de 1992: “computer chips, potato chips, what’s the difference?”.*

já no modelo empresa pública federal – estava sendo inaugurado e a Unitec ainda não existia. Além disso, grande parte da literatura foi escrita por membros do Governo Federal (GUTIERREZ; MENDES, 2009; RIVERA *et al.*, 2015, por exemplo), o que prejudica o distanciamento em relação ao objeto de estudo. Por fim, nenhum dos trabalhos existentes busca explicar por que a presença direta do Estado parece ser fundamental para o pleno desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil – e este é justamente o ponto central desta dissertação.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho são:

- Mapear a indústria de semicondutores no Brasil, ou seja, identificar todas as empresas presentes no setor e classificá-las de acordo com critérios como a sua posição na cadeia produtiva e a sua natureza jurídica.
- Identificar quais são os principais desafios enfrentados pelo setor no Brasil, distinguindo os que são inerentes ao setor e os que são específicos ao país.
- Descrever e analisar cada uma das políticas implementadas para desenvolver a indústria de dispositivos semicondutores no Brasil.
- Analisar as empresas do setor que pretendem realizar a etapa de fabricação (*front-end*) de CIs e componentes fotônicos no Brasil – Ceitec S.A., Unitec Semicondutores e Br-Photonics –, investigando como surgiram, que tipo de apoio e incentivo recebem do Estado, quais são seus principais desafios e em que medida a participação do governo altera o seu funcionamento.
- Colher e analisar dados que permitam uma avaliação completa do setor, de modo a propiciar novas iniciativas – tanto públicas quanto privadas – para aprofundar o desenvolvimento da indústria de semicondutores no país.

Com base nesses objetivos, foram traçadas as seguintes hipóteses:

- As políticas governamentais de incentivo à indústria de semicondutores fomentaram, de fato, o desenvolvimento do setor no Brasil, propiciando o surgimento de iniciativas em todas as etapas da cadeia produtiva.
- Cada etapa da cadeia produtiva da indústria de semicondutores e cada modelo de negócios passível de ser adotado no setor exigem incentivos específicos. Dessa forma, o desenvolvimento completo do ecossistema produtivo requer uma ampla gama de políticas e não pode depender de um só instrumento.
- Algumas características da indústria de dispositivos semicondutores – tais como concorrência, risco, porte dos investimentos etc. – fazem a ação direta e enfática do Estado ser fundamental para desenvolver plenamente o setor no Brasil.
- Um dos principais problemas enfrentados pelo setor no Brasil hoje é o acesso ao mercado, porque o desenvolvimento da indústria eletrônica e dos demais setores demandantes de dispositivos semicondutores nos anos 1990 e 2000 favoreceu a aquisição de componentes e soluções no exterior. Assim, as empresas mais bem-sucedidas são aquelas que adotaram a estratégia de oferecer soluções acabadas aos seus clientes, em vez de apenas vender componentes que devem ser integrados pelo cliente a outras partes e peças para formar um produto ou serviço.

Este trabalho foi realizado por meio de:

- revisão da literatura nacional e internacional sobre desenvolvimentismo;

- revisão da literatura nacional e internacional sobre indústria de semicondutores;
- coleta de dados nas associações setoriais nacionais e internacionais e na imprensa;
- análise de documentos oficiais;
- realização de observação via questionário eletrônico com todas as empresas do setor identificadas; e
- realização de observação via entrevista despadronizada do tipo focalizada com autoridades da área, com ênfase na participação do Estado na fabricação de dispositivos semicondutores.

Quanto à última ação, essas autoridades são pessoas que se dedicam a atividades relacionadas à indústria de semicondutores, no setor privado, no setor público ou na academia. As entrevistas foram realizadas entre fevereiro de 2015 e maio de 2016 e duraram de trinta minutos a duas horas. Para preservar o anonimato dos entrevistados, eles estão identificados nesta dissertação pelas letras de A a L. Os questionários, por sua vez, foram enviados no início de março de 2016, e as respostas foram coletadas entre março e junho de 2016. O questionário aplicado encontra-se reproduzido no Apêndice A.

A observação via questionário serviu para completar o mapeamento realizado do setor, uma vez que determinadas informações sobre as empresas identificadas – tais como modelo de negócios e produtos – não estão disponíveis em outros meios. Já a escolha por realizar entrevistas com autoridades do setor atribui-se à oportunidade de obter dados que não se encontram em fontes documentais e que são relevantes e significativos para a análise proposta. Além disso, muitos dos dados documentados estão incompletos e/ou são imprecisos, e as entrevistas

possibilitam que o quebra-cabeça seja montado. Entretanto, é preciso ter claro que esse recurso, assim como a aplicação de questionários, é limitado, pois o entrevistado pode não estar disposto a dar todas as informações solicitadas e reter dados importantes.

Esta dissertação está dividida em cinco partes além desta introdução. O Capítulo 2 discute uma das esferas de atuação do Estado na economia: a promoção da transformação econômica em direção à construção de uma matriz industrial completa e dinâmica por meio de políticas deliberadas de desenvolvimento. A Seção 2.1 compõe-se de uma revisão da literatura internacional sobre desenvolvimentismo, realçando a ênfase ao aspecto industrializante do desenvolvimentismo e ao papel-chave que o Estado desempenha ou pode desempenhar. A Seção 2.2 resume o debate brasileiro recente sobre desenvolvimentismo, com o intuito de evidenciar que o atributo industrializante foi posto em segundo plano ou tratado de maneira excessivamente genérica. A Seção 2.3 apresenta uma breve discussão acerca das capacidades estatais de planejamento no Brasil e do uso que foi dado a elas nos últimos anos. Aborda-se também um aspecto mais particular da ação estatal, qual seja, as políticas industriais implementadas a partir de 2003, já que constituem, em tese, a manifestação concreta de uma política industrializante.

O Capítulo 3 tem como objetivo fornecer um panorama geral da indústria de semicondutores. A Seção 3.1 define a indústria de semicondutores e descreve quais são os seus principais produtos e quais são os modelos de negócios possíveis de serem adotados no setor. A Seção 3.2 mostra a organização do setor no mundo, enfatizando empresas e países líderes. A Seção 3.3 expõe algumas das principais tendências dessa indústria, como a rápida evolução tecnológica e a especialização vertical. A Seção 3.4 resgata alguns trechos da história do setor, enfati-

zando o papel do apoio governamental no surgimento dessa indústria em alguns países.

O Capítulo 4 trata da política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil a partir dos anos 2000. Primeiramente, na Seção 4.1, é feito um breve resgate das iniciativas empresariais e governamentais anteriores aos anos 2000. Descrevem-se o surgimento do setor no Brasil nas décadas de 1960, 1970 e 1980, a instituição da reserva de mercado e a posterior alteração da política no início dos anos 1990. A Seção 4.2 explica o renascimento da política de incentivo nos anos 2000 com base em três fatores – demandas de segmentos da sociedade, estudos sobre o setor realizados no BNDES e doação de equipamentos pela Motorola. A Seção 4.3 interrompe a discussão sobre as políticas de incentivo e realiza uma análise da literatura existente no país, produzida quase em sua totalidade no BNDES, a fim de determinar o diagnóstico existente. A Seção 4.4 descreve cada um dos instrumentos que compõem a política de incentivo à indústria de semicondutores e analisa alguns resultados isolados. A Seção 4.5 examina a política, trazendo opiniões dos entrevistados e comparando documentos.

O Capítulo 5 analisa a indústria de semicondutores no Brasil. Na Seção 5.1, é apresentado o mapeamento da indústria de semicondutores no Brasil, que não apenas esquematiza algumas informações sobre todas as empresas presentes no país, como também conta um pouco da história de algumas delas. Na Seção 5.2, são examinadas, com maior detalhamento, as três empresas que pretendem realizar a etapa de fabricação (*front-end*) de CIs e de componentes fotônicos no Brasil: Ceitec S.A., Unitec Semicondutores e BrPhotonics. Esse recorte justifica-se pelo fato de a etapa de *front-end* desses dispositivos ser a mais sensível do ponto de vista da complexidade tecnológica e do volume de investimento. Ou seja, as empresas que englobam essa etapa em

suas atividades enfrentam dificuldades adicionais em relação às demais empresas do setor. Outro elemento em comum entre as três empresas é a participação do Estado em sua constituição, ainda que de diferentes formas: a Ceitec S.A. é uma empresa pública vinculada ao Governo Federal, a Unitec Semicondutores é uma empresa privada que tem como um dos acionistas a BNDES Participações S.A. (BNDESPAR) e a BrPhotonics é uma *joint venture* entre o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), fortemente apoiado por recursos do Governo Federal, a empresa norte-americana GigOptix e a Finep.

Por fim, há as conclusões desta dissertação. As principais conclusões dizem respeito, em primeiro lugar, ao processo de construção da política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil: foi a burocracia intermediária e estável do Governo Federal que, com o apoio da comunidade acadêmica e de associações empresariais, carregou a bandeira do setor e agiu em seu favor, trabalhando para construir os incentivos e convencer o alto escalão do governo de sua importância para o desenvolvimento do país. No entanto, a indústria de semicondutores parece ter perdido espaço na escala de prioridades do Governo Federal, e as atualizações necessárias nos instrumentos da política de incentivo não estão encontrando o apoio necessário à sua implementação.

Este trabalho também conclui que a participação direta e comprometida do Estado é fundamental para a viabilização de empreendimentos na etapa de fabricação de componentes semicondutores mais complexos. Nesses casos, a decisão de apoiar os empreendimentos com aporte financeiro direto parece até mais importante para a concretização das iniciativas do que o pacote de incentivos-padrão oferecido a todas as empresas.

Ainda que muitos resultados já tenham aparecido, o sucesso desse esforço depende da continuidade e atualização dessa política.

Para tanto, é preciso que a indústria de semicondutores seja continuamente considerada estratégica e prioritária, ou seja, que ela recupere a posição de destaque de que gozou no passado. Assim, além de fornecer diversas informações técnicas sobre a indústria de semicondutores e fazer uma análise detalhada do setor e da política de incentivo do Governo Federal, a principal contribuição deste trabalho é relatar e discutir a prática de política industrial e setorial no Brasil.

2. Desenvolvimentismo(s) e a atuação industrializante do Estado no Brasil

A economia se debruça sobre o tema do desenvolvimento desde o seu surgimento como disciplina. Desenvolvimentismo, contudo, é um termo mais novo, que adentrou o debate internacional somente nos anos 1980, em razão do trabalho de Johnson (1982). No Brasil e na América Latina, desenvolvimentismo já era um termo utilizado desde, pelo menos, os anos 1960 (FONSECA, 2014). Desenvolvimento e desenvolvimentismo têm sido amplamente debatidos no Brasil nos últimos anos. Ainda que tenham perdido espaço no debate mais recente para temas conjunturais, diante dos enormes desafios que a economia brasileira vem enfrentando principalmente desde 2013, ambos os temas dificilmente sairão do debate e da agenda política em um futuro próximo.

Por que determinados termos teóricos persistem, mesmo quando certas condições históricas nas quais apareceram se alteram? No caso de desenvolvimentismo, a resposta parece simples: as condições históricas ou os “problemas” que deram ensejo ao seu aparecimento [...] não foram superados. Enquanto persistirem, parece improvável que caia em desuso e não granjeie adeptos, embora seu programa como projeto de superação do *status quo* exija permanente reatualização (FONSECA, 2014, p. 70).

Por desenvolvimentismo entende-se uma estratégia deliberada de desenvolvimento que conte com a intervenção do Estado, que seja guiada por um projeto nacional e que reconheça a industrialização como caminho a ser trilhado. Este capítulo pretende, com esses pressupostos, debater uma das esferas de atuação do Estado na economia:

a promoção da transformação econômica em direção à construção de uma matriz industrial completa e dinâmica por meio de políticas deliberadas de desenvolvimento. A discussão, que de forma alguma almeja ser uma revisão completa e exaustiva da literatura sobre o tema, tem como objetivo fornecer os elementos necessários para embasar a análise da atuação do Estado na promoção do desenvolvimento da indústria de semicondutores no Brasil. Para isso, analisa-se a contribuição de autores tanto estrangeiros quanto brasileiros, sempre trazendo para o centro da discussão o atributo industrializante do desenvolvimentismo. Esse movimento se justifica porque o debate recente no Brasil parece ter posto esse atributo em segundo plano, ou o tem tratado de maneira excessivamente genérica. Defende-se, neste trabalho, que as questões relativas à estrutura produtiva são de grande importância e devem ser mais bem debatidas e exploradas.

Este capítulo está organizado em quatro seções. A primeira contém uma revisão da literatura internacional e realça a ênfase dada ao aspecto industrializante do desenvolvimentismo e ao papel-chave que o Estado desempenha ou pode desempenhar. A segunda seção resume o debate brasileiro recente sobre desenvolvimentismo, com o intuito de evidenciar o que já se expôs, que o atributo industrializante do desenvolvimentismo foi posto em segundo plano ou foi tratado de maneira excessivamente genérica. A terceira seção apresenta uma breve discussão acerca das capacidades estatais de planejamento no Brasil e do uso que foi dado a elas nos últimos anos. Discute-se também um aspecto mais particular da ação estatal, qual seja, as políticas industriais implementadas a partir de 2003, já que elas constituem, em tese, a manifestação concreta de uma política industrializante. Por fim, a quarta seção organiza algumas conclusões.

2.1 Desenvolvimentismos na literatura econômica internacional

O debate sobre desenvolvimento e desenvolvimentismo é antigo e cíclico. Depois de uma fase de declínio, o tema voltou a ser amplamente discutido no Brasil e no mundo. Uma das contribuições mais recentes é a publicação *Rethinking development strategies after the financial crisis*, da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (Unctad) (CALCAGNO *et al.*, 2015b; 2016). Os textos que compõem os dois volumes dessa publicação defendem, de modo geral, que é preciso discutir desenvolvimento e o papel do Estado nesse processo, pois a crise financeira global e suas consequências mostraram que austeridade fiscal e/ou medidas que visem apenas fortalecer a demanda agregada não são suficientes para a superação dos acontecimentos recentes. Lições podem ser tiradas não só da crise de 2008, mas também da comparação do desempenho de vários países desde os anos 1980:

[...] a existência de um Estado desenvolvimentista que utiliza seu espaço de manobra para atuar no lado tanto da oferta quanto da demanda é um denominador comum das experiências mais bem-sucedidas. Pelo contrário, políticas neoliberais que restringiram o papel do Estado na economia e descartaram a necessidade de manter qualquer espaço para políticas prevaleceram nas regiões de crescimento lento durante as décadas de 1980 e 1990⁵ (CALCAGNO *et al.*, 2015a, p. 4).

⁵ [...] the existence of a developmental State that uses its room for manoeuvre to act on both the supply and demand side is a common denominator of most successful experiences. On the contrary, neoliberal policies that restrained the role of the State in the economy and dismissed the need to preserve any policy space prevailed in the slow-growing regions during the 1980s and 1990s.

Os autores propõem que o Estado assuma um viés desenvolvimentista e adote um conjunto de políticas, dentre as quais se destacam uma política macroeconômica ativa com foco no fortalecimento da demanda doméstica e uma política industrial, pois não há estratégia de desenvolvimento sem industrialização. Nas palavras de um dos autores, “com poucas exceções, quase todas as economias de rápido crescimento na prática embarcaram na industrialização”⁶ (PRIEWE, 2015, p. 33).

Calcagno (2015) alerta para a necessidade de fortalecer os encadeamentos produtivos, qualquer que seja o setor dinamizador do crescimento. No caso dos países que adotaram uma estratégia exportadora, o aumento das exportações e dos fluxos de investimento externo direto não significa que houve melhora na estrutura produtiva. “De fato, elas podem simplesmente desenvolver alguns enclaves orientados para o exterior sem gerar encadeamentos produtivos domésticos ou distribuir uma quantidade significativa de renda aos agentes locais”⁷ (CALCAGNO, 2015, p. 15). Isso também ocorre com atividades extrativas, cuja contribuição para o crescimento doméstico pode ser bastante pequena se “elas geram pouco emprego, importam a maioria dos insumos e serviços em vez de criar encadeamentos com os fornecedores nacionais, exportam matéria-prima, transferem lucros para o exterior e contribuem insuficientemente para a receita tributária”⁸ (CALCAGNO, 2015, p. 15). Segundo o autor, fases de alta nos preços das *commodities* exigem cautela adicional, e os países não devem ser complacentes. Ao contrário,

⁶ “with few exceptions, almost all rapidly growing economies have *de facto* embarked on industrialization”.

⁷ “In fact, they may simply develop some outward-oriented enclaves without generating domestic productive linkages or distributing a significant amount of income to local agents”.

⁸ “they generate little employment, import most inputs and services rather than creating linkages with domestic suppliers, export the raw material, transfers profits abroad and contribute insufficiently to tax revenues”.

eles deveriam fortalecer as cadeias produtivas domésticas em torno dessas atividades. Eles deveriam usar as receitas geradas nas indústrias primárias voltadas para a exportação para diversificar suas economias e, assim, reduzir sua dependência de commodities. O papel do governo é fundamental nesse processo⁹ (CALCAGNO, 2015, p. 17).

Além disso, uma estratégia baseada na demanda interna também exige cautela, pois a concentração da renda precisa ser levada em consideração. Se for alta, o consumo será concentrado em setores de renda alta, que tipicamente favorecem as importações e enfraquecem os encadeamentos produtivos domésticos.

Priewe (2015) enfatiza que, mais do que simplesmente adotar políticas favoráveis ao desenvolvimento e ao adensamento das cadeias produtivas, é preciso ter uma estratégia de desenvolvimento, definida como “uma concepção econômica que define os objetivos prioritários, explica coerentemente como os objetivos estabelecidos podem ser alcançados, identifica as ferramentas de política e explora os compromissos e prazos”¹⁰ (p. 27). O autor alerta que

se essa visão não existir, é provável que os responsáveis pela formulação de políticas, incluindo consultores externos, sigam simplesmente o caminho tradicional, com foco em questões de curto prazo, pouco relacionadas a objetivos de longo prazo. Pragmatismo

⁹ they should strengthen their domestic production linkages around these activities. They should use the revenues generated in export-oriented primary industries to diversify their economies and thus reduce their dependence on commodities. The government’s role is key in this process.

¹⁰ “an economic conception that defines the priority goals, coherently explains how set goals can be reached, identifies the policy tools and explores trade-offs and time frame”.

sem bússola pode prevalecer com ambições bastante modestas¹¹ (PRIEWE, 2015, p. 27).

Além disso, não basta apenas definir uma estratégia de desenvolvimento; essa estratégia deve, na visão de Priewe (2015), incluir um conjunto de políticas macroeconômicas que visem o crescimento e o desenvolvimento, e não apenas a estabilidade dos preços. Isso porque

condições macroeconômicas adversas, especialmente os preços com impacto macro como salários, taxas de juros e lucros, taxas de câmbio, bem como impostos, tarifas, déficits fiscais e dívida pública, deprimem o crescimento e dificilmente podem ser compensados pelas políticas mais favoráveis aos negócios adotadas pelas abordagens neoliberais do desenvolvimento¹² (PRIEWE, 2015, p. 36).¹³

No entanto, a estratégia deve conter, além de políticas macroeconômicas clássicas (fiscal, monetária e cambial), uma política de gestão do balanço de pagamentos, uma política de desenvolvimento do setor financeiro, uma política industrial, uma política para o mercado de trabalho e uma política de redistribuição de renda a favor dos pobres.

¹¹ if such a vision does not exist, it is likely that the policymakers in charge, including external advisers, will simply follow the historic track, with a focus on short-term issues barely related to long-term goals. Pragmatism without a compass might prevail with rather low ambitions.

¹² adverse macroeconomic conditions, especially the prices with macro impact like wages, interest and profit rates, exchange rates, as well as taxes, tariffs, fiscal deficits and public debt, depress growth and can hardly be offset by the utmost business-friendly policies as favored by the neoliberal approaches to development.

¹³ *Para uma discussão a respeito dessas condições adversas, ver Priewe (2015).*

Para além das questões específicas levantadas em cada artigo, são duas as principais lições que os autores desejam transmitir. A primeira é de que

não existe uma fórmula clara e única para o sucesso ou o fracasso, não existe uma abordagem única para as estratégias de desenvolvimento. [...] as políticas precisam se adaptar a condições específicas e objetivos nacionais, o que implica evitar preceitos rígidos para metas e instrumentos¹⁴ (CALCAGNO *et al.*, 2015a, p. 3).

A segunda ressalta a necessidade de criar espaço político para adotar as medidas recomendadas, o que significa, por um lado, ter cautela na negociação de tratados internacionais, pois estes podem limitar severamente a margem de manobra política, e, por outro, assegurar um nível de arrecadação suficiente para implementar o projeto desejado.

Cabe retornar ao trabalho de Evans (2004),¹⁵ tendo em mente a volta do tema do desenvolvimento ao debate internacional, para discutir mais profundamente o papel do Estado na economia. Esse autor defende que, além de assegurar a ordem interna e a sobrevivência do país em um sistema internacional anárquico, os governos são crescentemente responsáveis pela transformação econômica. Ademais, à medida que o Estado passou a participar ativamente dos processos de acumulação, distribuição de renda e geração de bem-estar social, o desempenho econômico nacional se tornou uma fonte de legitimidade para os governos. Outrossim, ao adentrar a esfera econômica, o Estado altera a forma como vê a inserção do país no sistema internacional, em especial na

¹⁴ there is no clear and unique formula for success or failure, no 'one size fits all' approach to development strategies. [...] policies need to adapt to specific conditions and national goals, which implies avoiding rigid precepts for both targets and tools.

¹⁵ Originalmente publicado em 1995, com o título *Embedded autonomy: states and industrial transformation*.

divisão internacional do trabalho. A relação entre desempenho interno e contexto externo se estreita e se torna mutuamente dependente. Não só o êxito da transformação econômica nacional depende da forma de inserção do país na divisão internacional do trabalho, como também uma mudança na inserção do país na divisão internacional do trabalho depende do êxito da transformação econômica interna.

É importante perceber que o nicho ocupado pelo país na divisão internacional do trabalho tem implicações relevantes, uma vez que alguns setores induzem sinergias empresariais e criam externalidades positivas para o resto da economia.

Nichos na divisão internacional do trabalho são desejáveis não somente porque podem trazer maiores lucros e permitir uma acumulação mais rápida de capital, mas também porque facilitam o avanço dos objetivos sociais e de bem-estar associados ao “desenvolvimento” no sentido amplo do termo (EVANS, 2004, p. 32).

A promoção do desenvolvimento pela transformação econômica não depende, entretanto, apenas de o Estado reconhecer que essa é uma de suas funções. É preciso que ele tenha capacidade para agir. Essa capacidade, por sua vez, resulta das suas estruturas internas, bem como das relações que estabelece com a sociedade.

Para definir as estruturas internas do Estado e as relações Estado-sociedade que são favoráveis à promoção do desenvolvimento, Evans (2004) recorre a quatro autores fundamentais: Max Weber, Karl Polanyi, Alexander Gerschenkron e Albert Hirschman.

Weber contribui com o conceito de burocracia: recrutamento por mérito altamente seletivo e carreiras de longo prazo criam compromisso, coerência corporativa e isolamento relativo da organização interna do Estado desenvolvimentista em relação à sociedade.

A contribuição de Polanyi consiste na ideia de que um Estado efetivo é pré-requisito essencial à formação das relações de mercado, na medida em que é o intervencionismo contínuo, centralmente organizado e controlado, o garantidor do livre-mercado.

Gerschenkron, por sua vez, afirma que o papel do Estado vai além de apenas prover um ambiente adequado à acumulação privada. Tendo em vista estágios diferentes de desenvolvimento das nações, para competir com os países industrializados, os países em desenvolvimento enfrentam requerimentos de capital e tecnologia muito superiores às capacidades do empresariado local. Ou seja, há uma disjunção entre a escala da atividade econômica exigida para o desenvolvimento e o escopo efetivo de vínculos econômicos privados, e isso deve ser resolvido por meio de um envolvimento ativo do Estado nos mercados financeiros.¹⁶

Hirschman, por fim, afirma que o ingrediente escasso não é o capital, mas o empresário – entendido como o ator que percebe oportunidades de investimento e as transforma em investimentos reais. As contribuições de Gerschenkron e Hirschman são fundamentais, pois reiteram

¹⁶ De maneira semelhante, Coutinho e Belluzzo (1982) argumentam que a implantação do departamento de bens de produção e a consequente autodeterminação da acumulação de capital no Brasil requeriam investimentos simultâneos em diversos setores – notadamente siderurgia, metal-mecânico pesado, material elétrico pesado e indústria química –, o que pressupunha “um grau avançado de concentração e centralização do capital – manifestadamente inexistente em qualquer economia periférica [...]” (COUTINHO; BELLUZZO, 1982, p. 27). Para esses autores, a atuação do Estado se torna, portanto, decisiva. Ele deve agir como aglutinador do processo de monopolização de capital no âmbito de sua economia nacional, de forma a viabilizar a constituição do departamento de bens de produção, seja diretamente, por meio das empresas públicas, seja indiretamente. “Assim, o processo de industrialização periférico só poderia completar-se através da organização de uma forma avançada de ‘capitalismo monopolista de Estado’” (COUTINHO; BELLUZZO, 1982, p. 27, grifos no original). “Dentro dessa estrutura, et pour cause, o Estado constitui formas superiores de organização capitalista, consubstanciadas num sistema financeiro público e em grandes empresas estatais, cumprindo o papel desempenhado pelo capital financeiro nas industrializações avançadas. Esse fato de o Estado condensar as formas mais abstratas do capital é que confere ao capitalismo monopolista retardatário uma condição ainda mais ‘desenvolvida’, no sentido de que tende a apresentar, neste aspecto, um grau mais avançado de ‘socialização’ da produção capitalista. É nesses termos que pode ser entendido o conceito de ‘capital estatal’” (COUTINHO; BELLUZZO, 1982, p. 29, grifos nossos).

que é preciso mais do que regras previsíveis e impessoais. Não é suficiente diminuir a percepção de riscos. É necessário que um projeto de acumulação seja construído e que o Estado seja parte dessa construção.

O Estado desenvolvimentista de Evans (2004) é definido, portanto, com base no binômio autonomia-parceria. Autonomia porque o Estado deve estar relativamente isolado da sociedade para evitar a captura do aparato estatal por indivíduos que buscam privilégios rentistas. Parceria porque conexões sólidas com grupos sociais são fundamentais, e o projeto de transformação econômica não pode ser implementado sem a cooperação de atores privados.

As estruturas internas do Estado e as relações Estado-sociedade discutidas criam o potencial de ação, mas a tradução desse potencial em efeitos reais depende do papel que o Estado escolhe representar. Para analisar as formas de intervenção, Evans (2004) lista quatro tipos de papéis que o Estado desenvolvimentista pode desempenhar: custódio, demiurgo, parteiro e pastor. Ressalta-se que os quatro papéis “não são mutuamente exclusivos. Ao contrário, frequentemente aparecem em combinação” (EVANS, 2004, p. 119).

Enquanto o Estado minimalista apenas faz as regras serem cumpridas, o custódio regula e atua por meio de protecionismo, políticas públicas e prevenção de comportamentos ilegais. As regras podem ser usadas tanto para sinalizar como para estimular. Evans (2004, p. 166), todavia, alerta que “o papel custodial não é uma ferramenta de transformação promissora. Quando o Estado lida com um novo setor exercendo o papel de custódio, a preocupação de policiar sobrepõe-se ao potencial desenvolvimentista das políticas e as possibilidades de transformação são perdidas”.

O Estado demiurgo é aquele que assume o papel de produtor, mas não se restringe a obras de infraestrutura e capital social. Seu obje-

tivo não é apenas complementar os investimentos privados, mas substituí-los ou até mesmo competir com eles.

Representar o demiurgo implica assumir fortes pressuposições sobre a inadequação do capital privado. O capital local é considerado incapaz de se tornar uma “burguesia transformadora”, de iniciar novas indústrias e setores. O capital transnacional é considerado desinteressado no desenvolvimento local (EVANS, 2004, p. 116-117, grifos nossos).

O papel de demiurgo se materializa nas empresas estatais. Estas, assim como as firmas privadas, tendem a crescer e a se diversificar. A diversificação pode ser perigosa, pois pode levar as empresas estatais a setores nos quais um desempenho favorável é menos provável ou a competição com o capital privado é maior. “Se o capital privado percebe as empresas estatais se apropriando de territórios lucrativos, o Estado perde legitimidade frente aos próprios grupos cujo suporte é essencial ao projeto transformador” (EVANS, 2004, p. 117).

O Estado parteiro, por sua vez, age sobre a maleabilidade da classe empresarial local, promovendo o surgimento de novos grupos empresariais e estimulando os empresários existentes a se engajar em projetos mais arriscados. Os instrumentos utilizados são, em geral, incentivos, subsídios e proteção contra a competição externa, e têm como objetivo principal reduzir o risco e a incerteza associados ao investimento que se deseja induzir. Em muitos casos, no entanto, a mera sinalização da importância de determinado setor pode ser suficiente. Além disso, mesmo que a maioria dos Estados prefira promover o empresariado local, o Estado parteiro também pode tentar induzir o capital transnacional a estabelecer compromissos mais sérios com o desenvolvimento local, especialmente quando o capital local não pode realizar o trabalho sozinho. É necessário ressaltar, no entanto, que “o papel de parteiro deixa

o Estado dependente da reação privada. [...] Os parceiros podem fazer a diferença, mas são, sobretudo, auxiliares” (EVANS, 2004, p. 118).

O Estado pastor, por fim, atua em conjunto com o Estado parceiro, acompanhando o desenvolvimento dos grupos empresariais que foram estimulados. Esse papel é fundamental, pois “uma vez persuadidas a entrar num setor, as empresas precisam de encorajamento e assistência para ir adiante à medida que o setor muda” (EVANS, 2004, p. 119). Quanto a instrumentos, o pastoreio vai desde a sinalização continuada de apoio do Estado até a execução de empreendimentos estatais em atividades complementares de maior risco.

Uma das principais vantagens dessa construção teórica proposta por Evans (2004) reside no fato de que o autor associa desenvolvimentismo ao ato de promover a transformação econômica. Nesse ponto, ele se diferencia dos demais autores clássicos da literatura sobre Estado desenvolvimentista por apresentar um arcabouço mais generalista, ao passo que os demais, talvez pela escolha dos casos estudados, acabam relacionando o processo de desenvolvimento ao processo de *catching up*, no qual os países em desenvolvimento procuram alcançar os países já desenvolvidos.¹⁷ Essa visão ignora, entretanto, que desenvolvimento é um processo contínuo e dinâmico. Alcançar determinado estágio não garante, de forma alguma, permanecer naquele estágio.¹⁸ O arcabouço de Evans (2004), por outro lado, engloba tanto o caso de países em

¹⁷ Cabe citar os trabalhos de Johnson (1982), Wade (1990) e Chang (2006), que analisam, respectivamente, os casos do Japão, de Taiwan e da Coreia do Sul.

¹⁸ Ao analisar diversas experiências históricas de estímulo governamental à indústria de semicondutores, Moore, Spencer e Wessner (2003, p. xvii, grifos nossos) afirmam que “the considerable technical challenges that must be addressed by the industry, and the ambitious foreign programs designed to do this, are reminders that *continued U.S. leadership cannot be taken for granted*. In fact, the development of new production models, such as the foundry system, as well as increases in national support for domestic production facilities, present serious competitive challenges to the U.S. industry. *Overcoming these and other challenges will require continued policy engagement and public investment* through renewed attention to basic research and cooperative mechanisms such as public-private partnerships”.

desenvolvimento que se tornaram ou almejam se tornar desenvolvidos quanto o caso de países já desenvolvidos que se esforçam para continuar na liderança do desenvolvimento. Nesse sentido, é oportuno discutir as contribuições de Block (2008), Mazzucato (2014) e Burlamaqui (2015).

Block (2008) argumenta que EUA e Europa têm adotado políticas desenvolvimentistas para apoiar o avanço de novas tecnologias e, consequentemente, reforçar o dinamismo das suas economias e garantir a sua permanência na fronteira tecnológica. De acordo com esse autor, “os governos fazem isso porque reconhecem que, em uma economia mundial competitiva, a falta de criação de novas atividades econômicas de alto valor agregado na economia doméstica acabará por ameaçar o padrão de vida de seus cidadãos”¹⁹ (BLOCK, 2008, p. 170). Contudo, enquanto na Europa os governos nacionais e a União Europeia são explícitos a respeito da sua agenda desenvolvimentista, nos EUA o Estado desenvolvimentista permanece escondido do debate político.

A qualidade oculta do estado desenvolvimentista dos EUA é em grande parte resultado do domínio das ideias fundamentalistas de mercado nos últimos trinta anos. As políticas de desenvolvimento têm permanecido na sombra porque o reconhecimento do papel central do Estado na promoção de mudanças tecnológicas é inconsistente com a alegação de mercado fundamentalista de que as empresas do setor privado simplesmente deveriam ser deixadas em paz para responder autônoma e espontaneamente aos sinais do mercado²⁰ (BLOCK, 2008, p. 170).

¹⁹ “governments do this because they recognize that in a competitive world economy, failing to create new high value added economic activities in the home economy will ultimately threaten their citizens’ standard of living”

²⁰ The hidden quality of the U.S. developmental state is largely a result of the dominance of market fundamentalist ideas over the last thirty years. Developmental policies have lived in the shadows because acknowledging the state’s central role in promoting technological change is inconsistent with the market fundamentalist claim that private sector firms should simply be left alone to respond autonomously and spontaneously to the signals of the marketplace.

Block (2008) ressalta que o tipo de Estado desenvolvimentista presente nos EUA e na Europa difere daquele praticado na Ásia no pós-Segunda Guerra e conhecido como Estado desenvolvimentista burocrático, ou *developmental bureaucratic State* (DBS), em inglês. Este tinha como objetivo auxiliar as firmas domésticas a alcançar e desafiar competidores estrangeiros em determinados mercados. Nesse empenho, o governo concedia incentivos e subsídios para as empresas competirem em mercados que, de outra forma, considerariam arriscados demais. Nos EUA e na Europa, por outro lado, o que se verifica é a presença do Estado desenvolvimentista de rede, ou *developmental network State* (DNS), em inglês, cujo objetivo é ajudar as empresas a desenvolver inovações de produto e de processo que ainda não existem.

Para que um Estado do tipo DNS possa agir, é preciso que tenham sido investidos recursos vultosos em educação superior e pesquisa científica e tecnológica e que já exista uma comunidade científica capacitada e experiente.

Uma vez que os mecanismos para produzir experiência e novos conhecimentos já estejam em vigor, *o DNS tenta tornar essa comunidade tecnológica mais eficaz* na tradução de pesquisas em produtos reais. O DNS pode ser pensado como um conjunto de ações governamentais projetadas para melhorar a produtividade dos cientistas e engenheiros de uma nação²¹ (BLOCK, 2008, p. 172, grifos nossos).

O DNS atua de quatro formas. A primeira, chamada *targeted resourcing*, consiste em identificar desafios tecnológicos importantes

²¹ Once the mechanisms for producing expertise and new knowledge are already in place, the DNS attempts to make this technological community more effective in translating research into actual products. The DNS can be thought of as a set of government actions that are designed to improve the productivity of a nation's scientists and engineers.

e apoiar grupos que apresentam ideias promissoras e disruptivas, pois soluções para esses desafios abrem oportunidades econômicas. A segunda forma, denominada *opening windows*, resume-se a apoiar ideias e iniciativas de pesquisadores que não se encaixam nos desafios prioritários estabelecidos na primeira forma de atuação. A terceira forma é o *brokering*, que se subdivide em dois tipos: *technological brokering* e *business brokering*. O primeiro consiste em unir de forma inovadora tecnologias já existentes ou, em outras palavras, conectar diferentes grupos de pesquisa para que eles tirem vantagem do conhecimento uns dos outros. O segundo tipo consiste em auxiliar os pesquisadores a comercializar um novo produto, o que significa criar uma empresa, obter financiamento, identificar potenciais clientes etc. Por fim, a quarta forma, *facilitation*, abrange diversas atividades que visam remover os obstáculos que impedem a viabilização de uma nova tecnologia.

Com base nessas quatro formas de atuação, Block (2008, p. 173, grifos nossos) deriva uma conclusão importante:

Esse breve apanhado ajuda a entender que o DNS é necessariamente *uma estrutura altamente descentralizada*. A maioria dessas atividades requer um nível muito alto de conhecimento específico nos órgãos governamentais relevantes. Para serem eficazes, esses agentes exigem “autonomia incorporada”: eles precisam estar profundamente enraizados na comunidade tecnológica específica que estão financiando.²²

²² This brief catalog helps to understand that the DNS is necessarily a highly decentralized structure. Most of these activities require a very high level of specific expertise within the relevant governmental agencies. To be effective, these officials require “embedded autonomy”: they have to be deeply rooted in the particular technological community they are funding. *Esse conceito de autonomia incorporada, apesar de não ser muito explorado pelo autor, é bastante semelhante ao utilizado por Evans (2004) e descrito como o binômio autonomia-parceria.*

Ademais, a falta de visibilidade do Estado desenvolvimentista americano é, em parte, explicada por esse caráter descentralizado.

Essa descentralização torna qualquer DNS muito menos visível para jornalistas, acadêmicos e o público que um DBS. Um DNS não está alojado em um único local; ao contrário, suas atividades podem ser realizadas em literalmente centenas de escritórios diferentes, localizados em diferentes órgãos ou instalações governamentais. Também não dispõe de um orçamento unificado; os gastos são desembolsados em uma ampla gama de diferentes órgãos. Mesmo seu impacto tende a ser descentralizado, pois centenas ou milhares de grupos distintos de tecnólogos são apoiados em seu trabalho em uma variedade de setores econômicos diferentes²³ (BLOCK, 2008, p. 174).

As agências pioneiras a desempenhar essas atividades nos EUA foram a Advanced Research Projects Agency (Arpa)²⁴ e o National Institutes of Health (NIH). É interessante notar que ambas atingiram resultados impressionantes nas suas respectivas áreas – informática e biotecnologia –, adotando metodologias de trabalho bastante distintas. Enquanto a Arpa estabelece metas tecnológicas e espera exposição de resultados significativos em pouco tempo, o NIH utiliza o sistema de *peer review* para avaliar os projetos apresentados pelos cientistas e ofe-

²³ This decentralization makes any DNS far less visible to journalists, scholars, and the public than a DBS. A DNS is not housed in a single place; rather its activities might be carried out in literally hundreds of different offices located in different governmental agencies or facilities. It also does not have a unified budget; spending is disbursed across a wide range of different agencies. Even its impact tends to be decentralized as hundreds or thousands of distinct groups of technologist are supported in their work across a wide range of different economic sectors.

²⁴ Também conhecida como Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa). O nome da agência mudou diversas vezes ao longo dos anos, dependendo da ênfase que o governo queria dar ao papel da defesa.

rece recursos por períodos mais longos, em geral cinco anos. De acordo com Block (2008, p. 178), o sucesso dessas agências “persuadiu muitos formuladores de políticas de que o governo federal tinha um papel a desempenhar na promoção das indústrias do futuro”.²⁵ A resposta do governo aos desafios enfrentados pelas empresas americanas a partir do fim dos anos 1970 foi, então, de ampliar as iniciativas desenvolvimentistas desempenhadas por essas agências.

O Estado desenvolvimentista americano enfrenta, entretanto, problemas. O primeiro problema é, de acordo com Block (2008), o déficit democrático, pois, uma vez que as atividades são “escondidas”, falta legitimidade ao sistema, e a população não participa das escolhas de setores prioritários para investimento. Essa falta de debate público abre espaço para setores ligados às Forças Armadas e à segurança nacional e para os interesses corporativos. Além disso, “sem legitimação democrática e um robusto conceito do bem comum, existe o perigo real de reação pública contra a ‘hélice tripla’ formada por universidades, empresas e governo”²⁶ (BLOCK, 2008, p. 194).

O segundo problema é a questão do financiamento instável, pois o Estado desenvolvimentista não conta com uma base fiscal sólida.

O problema é mais óbvio nas áreas de biotecnologia, na qual, apesar dos enormes gastos federais para apoiar o desenvolvimento de novos medicamentos e novos instrumentos médicos, as empresas que finalmente comercializam esses produtos resistiram a

²⁵ “persuaded many policy makers that the federal government had a role to play in nurturing the industries of the future”.

²⁶ “without democratic legitimation and a vigorous concept of the public good, there is a real danger of a public backlash against the ‘triple helix’ formed by the universities, business, and government”.

quaisquer restrições a seu direito de cobrar o tanto que o mercado suportar²⁷ (BLOCK, 2008, p. 195).

A gravidade desse problema reside no fato de que “as empresas usaram a retórica do fundamentalismo de mercado para obter contínuas reduções na taxa efetiva de tributação dos lucros das empresas”²⁸ (BLOCK, 2008, p. 195).

O terceiro problema é a “commoditização” do conhecimento, que deriva do regime de direitos de propriedade intelectual. À medida que esses regimes se tornam mais restritivos, as empresas passam a exercer um poder de monopólio sobre o conhecimento. “Mas conhecimento não é uma *commodity*, e reivindicações de propriedade agressivas ameaçam o debate aberto e a discussão dos quais as comunidades científicas dependem”²⁹ (BLOCK, 2008, p. 196). Isso prejudica colaborações científicas e reduz a velocidade do progresso técnico.

O quarto problema é a falta de coordenação:

A ausência de coordenação na versão dos EUA do DNS significa que quatro agências federais diferentes poderiam estar fornecendo recursos para cinco ou seis grupos diferentes de tecnólogos para resolver o mesmo problema sem que nenhum deles soubesse dos esforços do outro. É desejável alguma duplicação de esforços, mas apenas se grupos diferentes puderem aprender com os sucessos e fracassos de cada um. [...] Sem mecanismos robustos de coordenação, as agências se

²⁷ The problem is most obvious in the areas of biotechnology, where, despite huge Federal outlays to support the development of new drugs and new medical instruments, the firms that ultimately market these products have resisted any restrictions on their right to charge whatever the market will bear.

²⁸ “corporations have used the rhetoric of market fundamentalism to win continuous declines in the effective rate of taxation on corporate profits”.

²⁹ “But knowledge is not a commodity, and aggressive ownership claims threaten the open debate and discussion on which scientific communities depend”.

envolvem em disputas de território e formas improdutivas de paralelismo, e fica difícil estabelecer prioridades substanciais para o conjunto do governo. Também deixa mais espaço para vários grupos de interesse colonizarem os orçamentos de P&D para seus próprios fins particulares³⁰ (BLOCK, 2008, p. 196).

Por fim, o quinto problema identificado por Block (2008) é a baixa preocupação com questões relacionadas ao mercado de trabalho. De acordo com o autor, além de exigirem trabalhadores qualificados, setores intensivos em tecnologia despertam novas formas de cooperação entre empregados e empregadores. O governo, no entanto, não direciona recursos suficientes para qualificar a mão de obra na forma requerida pelas empresas intensivas em tecnologia. Além disso, as políticas pró-mercado enfraqueceram os sindicatos e levaram à estagnação dos salários. A resposta das empresas tem sido transferir as unidades produtivas para outros países.

Esses problemas põem em risco o futuro do Estado desenvolvimentista americano. É preciso reconhecer, apesar disso, que ele foi bastante exitoso na sua missão de acelerar o desenvolvimento tecnológico:

[...] as decisões dos poderes Legislativo e Executivo tomadas nos EUA entre 1980 e 1992 expandiram significativamente a capacidade do Estado americano de acelerar o desenvolvimento tecnológico no setor empresarial. Desde então, essa capacidade se trans-

³⁰ The absence of coordination in the U.S version of the DNS means that four different Federal agencies could be providing resources to five or six different groups of technologists to solve the identical problem without any of them knowing about the other's efforts. Some duplication of efforts is desirable, but only if different groups are able to learn from each others' successes and failures. [...] Without strong coordinating mechanisms, agencies engage in turf warfare and unproductive forms of duplication, and it is difficult to establish serious government-wide priorities. It also leaves more room for various interest groups to colonize R&D budgets for their own particularistic ends.

formou em um Estado Desenvolvimentista em Rede altamente descentralizado, e esse DNS transformou a maneira como muitas empresas operam e direcionou com sucesso um grande grupo de pesquisadores com financiamento público para a tarefa de transformar novas tecnologias em produtos e processos comercialmente viáveis. Essencialmente, a visão pós-industrial de Daniel Bell de uma sociedade do conhecimento construída em torno de governo-universidade-indústria foi amplamente concretizada³¹ (BLOCK, 2008, p. 198).

Outra conclusão importante de Block (2008, p. 198) é a de que “o estado desenvolvimentista oculto dos EUA sugere que os países em desenvolvimento têm mais espaço para políticas industriais ativas do que geralmente se supõe”.³²

Mazzucato (2014) também utiliza o exemplo dos EUA para analisar o papel do Estado no desenvolvimento e, mais especificamente, no processo inovativo. De acordo com a autora, o setor privado é usualmente considerado a força inovadora da economia, enquanto o Estado é visto como “uma força paralisante – necessária para o ‘básico’, porém muito grande e pesada para ser o mecanismo dinâmico” (MAZZUCATO, 2014, p. 23). Ela argumenta, entretanto, que, na realidade, o Estado é potencialmente inovador e dinâmico e pode desempenhar um papel empreendedor na sociedade.

³¹ [...] legislative and executive branch decisions made in the United States between 1980 and 1992 significantly expanded the capacity of the U.S. state to accelerate technological development in the business economy. Since then, this capacity has grown into a highly decentralized Developmental Network State, and this DNS has transformed the way many businesses operate and has successfully focused a large cadre of publicly funded researchers on the task of turning new technologies into commercially viable products and processes. Essentially, Daniel Bell’s postindustrial vision of a knowledge society built around government-university-industry has been largely realized.

³² “the hidden developmental state in the United States suggests that developing nations have more room for active industrial policies than has generally been assumed”.

A maioria das inovações radicais, revolucionárias, que alimentaram a dinâmica do capitalismo – das ferrovias à internet, até a nanotecnologia e farmacêutica modernas – aponta para o Estado na origem dos investimentos “empreendedores” mais corajosos, incipientes e de capital intensivo. [...] Foi a mão visível do Estado que fez essas inovações acontecerem. Inovações que não teriam ocorrido se ficassemos esperando que o “mercado” e o setor comercial fizessem isso sozinhos – ou que o governo simplesmente ficasse de lado e fornecesse o básico (MAZZUCATO, 2014, p. 26, grifos nossos).

Dessa forma, o papel do Estado não se resume a facilitar o crescimento econômico. Ele “é um parceiro fundamental do setor privado – e em geral mais ousado, disposto a assumir riscos que as empresas não assumem” (MAZZUCATO, 2014, p. 29, grifos nossos). Para ir em direção a essa constatação, porém, “[...] faz-se necessário construir uma teoria do papel do Estado na formação e criação de mercados – mais alinhada com a obra de Karl Polanyi, que destacou como o ‘mercado’ capitalista foi desde o início fortemente moldado pelas ações do Estado” (MAZZUCATO, 2014, p. 33, grifos no original).

São abundantes as evidências do papel crucial do Estado na história da indústria de computadores, da internet, da indústria farmacêutica biotecnológica, da nanotecnologia e do setor da tecnologia verde. Em todos esses casos, o Estado ousou pensar – contra todas as probabilidades – no “impossível”: criando novas oportunidades tecnológicas; fazendo os investimentos iniciais, grandes e fundamentais; permitindo que uma rede descentralizada desenvolvesse a pesquisa arriscada; e depois possibilitando que o processo de desenvolvimento e comercialização ocorresse de

forma dinâmica. [...] *A descoberta da internet ou o surgimento da indústria de nanotecnologia não ocorreram porque o setor privado queria algo mas não conseguia encontrar os recursos para investir.* Elas aconteceram devido à visão que o governo tinha de uma área que ainda não havia sido sondada pelo setor privado. [...] *Foi o Estado – nesse e em tantos outros casos – que demonstrou ter um “espírito animal” mais agressivo* (MAZZUCATO, 2014, p. 48-49, grifos nossos).

Nesse sentido, áreas de risco – definidas pelo grande investimento financeiro, alto nível tecnológico e grande risco mercadológico – são, em geral, evitadas pelo setor privado, e o seu desenvolvimento exige, portanto, não apenas grandes montantes de financiamento público, como também – e talvez principalmente – espírito de liderança do setor público. Ou seja, “[...] *um Estado Empreendedor investe em áreas nas quais o setor privado não investiria mesmo que tivesse os recursos.* [...] O investimento empresarial é limitado não por ausência de recursos, mas principalmente por sua falta de coragem (ou o ‘espírito animal’ keynesiano) [...]” (MAZZUCATO, 2014, p. 52, grifos nossos).

Além disso, Mazzucato (2014) salienta que esse papel empreendedor não se limita a investir em criação de conhecimento em universidades e laboratórios, ou seja, atuar para corrigir uma falha de mercado reconhecida pela economia convencional. Empreender significa também escolher setores estratégicos e trajetórias tecnológicas, facilitar a difusão do conhecimento e da inovação e fomentar o processo de desenvolvimento industrial.

[...] o investimento do Estado vai além da pesquisa básica “sem objetivo definido”. Na verdade, ele se aplica a todos os tipos de pesquisa “arriscada” e incerta, uma vez que o setor privado é, sob muitos

aspectos, menos empreendedor que o setor público: ele foge de produtos e processos radicalmente novos, deixando os investimentos mais incertos para o Estado. Assim, apesar de necessária para que ocorra a inovação, a pesquisa sem finalidade prática imediata está longe de ser suficiente e na verdade o papel do Estado é muito mais profundo (MAZZUCATO, 2014, p. 107-108).

Ela também cita a Arpa como exemplo. Segundo a autora, a partir da criação dessa agência, “[...] tornou-se tarefa do governo entender quais tecnologias oferecem possíveis aplicações para fins militares e também para fins comerciais” (MAZZUCATO, 2014, p. 112). Além disso, o Estado tem um papel fundamental a desempenhar tanto do lado da oferta quanto do da demanda. Como dito, são funções primordiais do Estado empreendedor não só incentivar a pesquisa e fomentar o desenvolvimento de inovações, como também criar mercados para os novos produtos e serviços desenvolvidos. Essa criação de mercado pode se dar de várias maneiras, e as principais são o uso do poder de compra estatal e a regulação. As primeiras décadas da indústria de semicondutores são um exemplo disso, pois o governo dos EUA, em especial o Departamento de Defesa, foi o seu “primeiro e principal cliente” (MAZZUCATO, 2014, p. 113).

A fragilidade do Estado empreendedor reside na apropriação privada do retorno da inovação. Conforme Mazzucato (2014, p. 224),

os riscos têm sido assumidos como um esforço coletivo, enquanto os retornos não têm sido distribuídos coletivamente. Com frequência, o único retorno que o Estado recebe pelos investimentos arriscados são os benefícios indiretos do aumento da receita fiscal devido ao crescimento gerado por esses investimentos.

A falta de um sistema de recompensas para o Estado põe em risco o sistema de inovação, como já alertava Block (2008).

A autora defende que “é preciso haver uma dinâmica funcional risco-recompensa que substitua a disfuncional ‘risco socializado’ e ‘recompensa privatizada’ que caracteriza a atual crise econômica, evidenciada na indústria moderna e no setor financeiro” (MAZZUCATO, 2014, p. 245). A atual dinâmica, por sua vez, é resultado da percepção errônea que se tem sobre quem realmente assume os riscos da inovação, o que permite que alguns agentes econômicos reivindiquem para si os méritos do processo e pressionem por maiores fatias das recompensas. É preciso, todavia, criar mecanismos para que o Estado possa colher os rendimentos derivados dos seus esforços. “Isso é fundamental para que o ciclo de inovação possa continuar a ser sustentado (com os rendimentos da rodada atual financiando a seguinte – assim como as inevitáveis perdas) e seja menos suscetível aos ciclos políticos e comerciais” (MAZZUCATO, 2014, p. 257).

Burlamaqui (2015),³³ por fim, apresenta uma abordagem que integra as contribuições de Joseph A. Schumpeter, John M. Keynes e Hyman P. Minsky para construir um conceito de Estado empreendedor. O conceito definido pelo autor é baseado em três elementos centrais e é mais amplo que o utilizado por Mazzucato (2014). O primeiro elemento, inspirado em Minsky e também em Rudolf Hilferding, é a existência de um sistema financeiro dominado por bancos universais que tenham laços estreitos com a indústria e o comércio e que sejam voltados para o financiamento do desenvolvimento. Outras características importantes

³³ Leonardo Burlamaqui é um pesquisador brasileiro. Optou-se, entretanto, por incluí-lo na revisão da literatura internacional porque ele dialoga mais com autores internacionais – especialmente com os pesquisadores do Levy Economics Institute of Bard College e com Mariana Mazzucato – do que com autores nacionais e porque os objetos do artigo citado são um conceito geral de Estado empreendedor e a análise concreta do caso da China.

desse sistema financeiro são a presença de um Big Bank e uma regulação financeira robusta.

O segundo elemento do conceito de Estado empreendedor é a extensão da abordagem teórica de Schumpeter ao Estado, que pode ser considerado o empreendedor-chefe. Esse elemento se aproxima bastante do trabalho de Mazzucato (2014). Segundo Burlamaqui (2015, p. 732, grifos no original):

O Estado é, na maioria das vezes, um empreendedor e deveria estar no centro de uma teoria do desenvolvimento econômico. Uma instituição que combina as funções de macroestrategista (administrando juros e taxas de câmbio, fluxos de capital e preços e estabilidade financeira); líder em investimento de risco (forjando e financiando políticas industriais, de inovação e tecnologia) e administrador de destruição criativa (estimulando a parte criativa do processo para acelerar o aumento da produtividade e a difusão da inovação e atuando como um amortecedor de sua dimensão destrutiva) claramente pode ser “qualificado” como empreendedor.³⁴

O terceiro elemento é um grau elevado de socialização do investimento. Por um lado, esse elemento tem origem na afirmação de Keynes de que o controle da taxa de juros não consegue, sozinho, levar a taxa de investimento ao nível ótimo, e é preciso, portanto, socializar o investimento para garantir o pleno emprego. Por outro lado, resgata

³⁴ The State is, more often than not, an entrepreneur and should be at the center of a theory of economic development. An institution that combines the functions of macrostrategist (managing interest and exchange rates, capital flows and price and financial stability); venture capitalist in chief (forging and funding industrial, innovation and technology policies) and creative destruction management (stimulating the creative part of the process in order to speed productivity enhancement and innovation diffusion and acting as a buffer to its destructive dimension) clearly “qualifies” as entrepreneurial.

também o conceito de socialismo de Schumpeter, que defende a socialização dos meios de produção e da propriedade privada com base na noção de que assuntos econômicos pertencem à esfera pública, e não à privada. A socialização do investimento pressupõe a existência de uma autoridade central, e, ainda que a operação cotidiana das empresas possa ser deixada livre, um ganho importante advém da coordenação do processo de destruição criativa, uma vez que o Estado poderia prevenir o estouro de bolhas e minimizar fases depressivas.

Depois de expor o conceito de Estado empreendedor, o autor afirma que a China é um exemplo importante e mostra que as três dimensões do conceito se fazem bastante presentes nesse país. Mais ainda, “a China se tornou uma superpotência econômica. Ela não ‘alcançou’ o Ocidente. Ela o deixou pra trás”³⁵ (BURLAMAQUI, 2015, p. 729, grifos no original). Isso corrobora a afirmação feita de que o uso do conceito de desenvolvimentismo não precisa ficar restrito aos processos de *catching up*.

A análise da literatura internacional sobre desenvolvimentismo apresentada permite que se esbocem algumas considerações preliminares. Em primeiro lugar, o desenvolvimentismo defende que é preciso discutir desenvolvimento pela ótica do papel do Estado nesse processo, pois ele tem necessariamente um papel a cumprir na transformação econômica das nações. A forma como o Estado escolhe desempenhar esse papel, no entanto, pode e irá variar. Não apenas há múltiplas maneiras de perseguir o desenvolvimento, como também não há estratégias do tipo *one-size-fits-all* quando se fala de desenvolvimento econômico. O *mix* de políticas deverá, dessa forma, levar em consideração especificidades locais. Para ter sucesso, entretanto, as políticas deverão estar organizadas

³⁵ “China has become an economic superpower. It did not ‘catchup’ with the west. It leapfrogged”.

em torno de uma estratégia de desenvolvimento bem delineada, e a industrialização deve necessariamente ser parte integrante dessa estratégia.

Além disso, mais do que reconhecer que o Estado tem um papel a desempenhar no processo de desenvolvimento, os autores citados salientam que o Estado é protagonista no processo, não coadjuvante. Nos avanços mais disruptivos, ele foi o empreendedor visionário com espírito animal. O Estado decide investir em áreas que o setor privado não investiria mesmo se tivesse recursos, pois o que falta ao empresário não são recursos, mas coragem e espírito animal. Ademais, o Estado desenvolvimentista atua tanto no lado da oferta, fomentando a criação de novos produtos e indústrias, quanto no lado da demanda, criando os mercados que demandarão esses produtos e sustentarão essas indústrias.

Em segundo lugar, desenvolvimentismo e Estado desenvolvimentista podem ser aplicados a contextos mais amplos do que inicialmente se acreditava. Muitos autores argumentam que o desenvolvimentismo consiste em uma estratégia de alcance ou de superação do subdesenvolvimento. Mais recentemente, alguns autores têm defendido, entretanto, que políticas desenvolvimentistas são praticadas tanto em países em desenvolvimento quanto em países desenvolvidos e que o objetivo dos países em desenvolvimento pode ser ultrapassar em vez de alcançar. Se se considerar que a industrialização é um processo contínuo e dinâmico, o conceito de desenvolvimentismo pode ser flexibilizado.

2.2 Desenvolvimentismos na literatura econômica brasileira

O debate brasileiro sobre desenvolvimentismo, tanto acadêmico quanto político, esteve aquecido nos últimos anos, e uma das suas características principais é a concorrência entre duas vertentes distintas – o

novo-desenvolvimentismo e o social-desenvolvimentismo. Esse debate reflete, de certa forma, mudanças na ideologia do governo e na condução da política econômica. Se nos anos 1980 o nacional-desenvolvimentismo entrou em crise e foi substituído pela ideologia neoliberal, cuja estratégia consistia em promover o desenvolvimento por meio da ampliação do protagonismo das forças de mercado, os anos 2000 assistiram ao fracasso do neoliberalismo em entregar os resultados prometidos e ao retorno de uma estratégia desenvolvimentista – ou, pelo menos, a um ensaio ou momento desenvolvimentista – na qual o Estado foi progressivamente reassumindo papéis no processo de desenvolvimento (BIANCARELLI, 2012). Esse momento desenvolvimentista, contudo, se revelou repleto de fragilidades e contradições, e há, no presente momento, indícios de que tenha se esgotado.

Antes de discutir as duas vertentes, cabe retomar o esforço empreendido por Fonseca (2014) para definir o conceito de desenvolvimentismo, com base nas experiências na América Latina. Esse autor inicia levando em consideração que desenvolvimentismo é um termo que serve para designar tanto um conjunto de práticas de política econômica, ou seja, um fenômeno do mundo material, quanto um conjunto de ideias que expressam teorias, concepções ou visões de mundo, ou seja, um fenômeno do mundo do pensamento. Além disso, ele constrói o conceito de desenvolvimentismo por meio “tanto do uso feito do termo por autores reconhecidos como das experiências históricas normalmente apontadas como exemplos de desenvolvimentismo” (FONSECA, 2014, p. 35).

A análise do autor o leva a concluir que o núcleo comum do conceito de desenvolvimentismo compreende três variáveis:

- 1) A existência de um *projeto deliberado* ou *estratégia* tendo como objeto a nação e seu futuro. Esta pode ser associada com certa licenciosidade, a *projeto*

nacional, desde que não se entenda por isso repulsa ao capital estrangeiro nem rompimento com a ordem internacional, mas simplesmente a nação como epicentro e destinatária do projeto.

2) *A intervenção consciente e determinada do Estado* com o propósito de viabilizar o projeto, o que supõe atores aptos e capazes para executá-lo no aparelho do Estado e com respaldo social e político de segmentos e classes no conjunto da sociedade.

3) *A industrialização*, como caminho para acelerar o crescimento econômico, a produtividade e a difusão do progresso técnico, inclusive para o setor primário (FONSECA, 2014, p. 41, grifos no original).

Ademais, o autor explica que o desenvolvimento é um fenômeno circunscrito a economias capitalistas e que existe uma variável contextual subentendida nas três variáveis descritas, qual seja, “*a consciência ou ato deliberado de alterar o status quo*” (FONSECA, 2014, p. 42, grifos no original). Nesse sentido, “o intervencionismo do Estado desenvolvimentista não visa reforçar os mecanismos de mercado, mas propiciar mudanças em direção a uma rota considerada desejável por seus formuladores e executores” (FONSECA, 2014, p. 45).

Salienta-se também a distinção feita por Fonseca (2014) entre projeto e planejamento. Enquanto o primeiro pode se resumir simplesmente a um objetivo e um conjunto geral de políticas econômicas a serem executadas, o segundo consiste em um “conjunto de ações resultante de um plano ou documento *a anteriori*, que expressasse objetivos, estabelecesse cronograma, quantificasse metas e os meios e recursos para alcançá-las” (FONSECA, 2014, p. 45-46). Além disso, desenvolvimentismo pressupõe projeto, mas não exige, necessariamente, planejamento.

Em resumo,

[...] entende-se por desenvolvimentismo a política econômica formulada e/ou executada, de forma deliberada, por governos (nacionais ou subnacionais) para, através do crescimento da produção e da produtividade, sob a liderança do setor industrial, transformar a sociedade com vistas a alcançar fins desejáveis, destacadamente a superação de seus problemas econômicos e sociais, dentro dos marcos institucionais do sistema capitalista (FONSECA, 2014, p. 59).

O novo-desenvolvimentismo, voltando ao debate, de acordo com um dos seus principais proponentes e defensores, Luiz Carlos Bresser-Pereira, pode ser definido como uma “estratégia de desenvolvimento para países de renda média, no quadro competitivo da globalização, que tem como base teórica a macroeconomia desenvolvimentista ou macroeconomia estruturalista do desenvolvimento” (BRESEER-PEREIRA, 2014, p. 28). De acordo com essa estratégia, o desenvolvimento econômico é um processo estrutural de acumulação de capital com incorporação de progresso técnico, que se manifesta pelo processo de industrialização ou de sofisticação produtiva. Este, por sua vez, consiste em um duplo movimento: por um lado, há aumento da produtividade e da sofisticação da mão de obra empregada nos setores já existentes e, por outro, há transferência de mão de obra de setores com baixo valor adicionado *per capita* para setores com alto valor adicionado *per capita*, nos quais se utiliza tecnologia mais sofisticada e se pagam maiores salários.³⁶ Além disso, o processo de desenvolvimento requer que o Estado assuma o seu papel estratégico e que haja uma estratégia nacional de

³⁶ *Do ponto de vista da economia nacional, os ganhos de produtividade mais significativos não são os oriundos do primeiro movimento, mas os do segundo.*

desenvolvimento (BRESSER-PEREIRA, 2014; BRESSER-PEREIRA; THEUER, 2012; TEN..., 2010).

Os maiores gargalos para o crescimento se encontram, de acordo com o novo-desenvolvimentismo, no lado da demanda. Isso ocorre porque, além do problema da demanda efetiva apontado por Keynes, os países em desenvolvimento apresentam duas tendências estruturais que limitam a demanda e, conseqüentemente, o investimento. A primeira é a tendência de os salários crescerem abaixo da produtividade em função da oferta abundante de mão de obra e da forma de funcionamento dos mercados de trabalho, o que limita a demanda interna, amplia a concentração de renda e prejudica a produtividade. A segunda é a tendência à sobrevalorização cíclica da taxa de câmbio em países em desenvolvimento em função da dependência da poupança externa e à existência de doença holandesa, o que aumenta a volatilidade da taxa de câmbio e alimenta crises cambiais e financeiras. Essa sobrevalorização pode se tornar permanente, fazendo com que a taxa de câmbio que equilibra a conta-corrente do balanço de pagamentos seja inferior à taxa de câmbio que torna as indústrias competitivas internacionalmente³⁷ (TEN..., 2010).

No tocante às recomendações de política econômica, o novo-desenvolvimentismo aconselha, para neutralizar a primeira tendência, a adoção de políticas de salário mínimo, de transferência de renda aos pobres e de pleno emprego. A segunda tendência deve ser combatida com um imposto sobre a exportação de *commodities*, no caso de haver doença holandesa, e de uma política de taxa de câmbio flutuante administrada, que compre e venda reservas e controle fluxos de capitais quando necessário. Além disso, o desenvolvimento deve ser financiado

³⁷ A taxa de câmbio é entendida como o preço de uma unidade de moeda estrangeira em moeda nacional.

com poupança doméstica e não com poupança externa, pois esta última incentiva o endividamento doméstico e aumenta a instabilidade financeira. Por fim, o governo deve perseguir superávits primários, de forma a estabilizar, no longo prazo, a relação dívida pública-produto interno bruto (PIB). Quando houver recessão, no entanto, uma política fiscal expansionista contracíclica deve ser adotada (BRESSER-PEREIRA, 2014; BRESSER-PEREIRA; THEUER, 2012; TEN..., 2010).

Em relação à política industrial, o novo-desenvolvimentismo defende que é essencial haver uma política que ajude as empresas a se tornar competitivas e vender tanto para o mercado interno quanto para o externo. Isso não implica necessariamente uma estratégia exportadora.

[...] a estratégia será exportadora, equilibrada, ou voltada para o mercado interno conforme o coeficiente de abertura da economia [...] esteja respectivamente crescendo, constante, ou caindo. Um país de renda média deveria almejar um coeficiente de abertura constante, que reflita a dotação de fatores de produção existentes no país (BRESSER-PEREIRA, 2014, p. 32).³⁸

Em resumo, o novo-desenvolvimentismo propõe que se corrijam desequilíbrios nos preços macroeconômicos fundamentais, quais

³⁸ *Textos anteriores deste mesmo autor e textos de outros autores da corrente novo-desenvolvimentista, no entanto, tendiam a defender a estratégia exportadora. Oreiro (2011), por exemplo, afirma que “o novo-desenvolvimentismo é definido como um conjunto de propostas de reformas institucionais e de políticas econômicas por meio das quais as nações de desenvolvimento médio buscam alcançar o nível de renda per capita dos países desenvolvidos. Essa estratégia de ‘alcançamento’ baseia-se explicitamente na adoção de um regime de crescimento do tipo export-led no qual a promoção das exportações de produtos manufaturados induz a aceleração do ritmo de acumulação de capital e de introdução de progresso técnico na economia”. Nesse sentido, o novo-desenvolvimentismo é referenciado na literatura também como desenvolvimentismo exportador do setor privado, enquanto o social-desenvolvimentismo, que será discutido, é denominado desenvolvimentismo distributivo orientado pelo Estado.*

sejam: a taxa de câmbio, a taxa de lucro, a taxa de juros, a taxa de salários e a taxa de inflação. Nesse arcabouço, a taxa de lucro parece ser a mais importante, pois ela deve estar em nível satisfatório o suficiente para incentivar os investimentos. As demais taxas são importantes na medida em que afetam a taxa de lucro e, conseqüentemente, a decisão de investir. Dessa forma, a taxa de câmbio deve ser a de equilíbrio industrial, a taxa de salários não deve ser nem muito baixa – para não reduzir a demanda interna – nem muito alta – para não reduzir a taxa de lucro –, a taxa de juros deve ser a mais baixa possível, desde que fique resguardado o seu papel no controle da inflação, e a taxa de inflação deve ser baixa e estável.

Cabe fazer mais um comentário sobre a taxa de câmbio. De acordo com Bresser-Pereira (2014, p. 28), essa taxa “tem um papel decisivo no desenvolvimento econômico porque ela é como um interruptor que liga ou desliga as empresas competentes do país tanto do mercado externo quanto do mercado interno”. Mais adiante, o autor complementa o argumento afirmando que isso é válido para “as empresas que usam tecnologia no estado da arte mundial” (BRESSER-PEREIRA, 2014, p. 32). Entretanto, o pressuposto de que as empresas nacionais têm acesso à tecnologia no estado da arte mundial é questionável por, pelo menos, três motivos: (i) parte expressiva dos bens de capital não é produzida internamente, e a desvalorização da taxa de câmbio, por um lado, aumenta a competitividade dos produtos nacionais, mas, por outro, encarece as importações de equipamentos; (ii) as cadeias globais de valor são, em sua maioria, oligopolizadas, e a tecnologia utilizada por elas pode não estar acessível para compra no mercado internacional; e (iii) tecnologia no estado da arte não significa apenas bens de capital transacionáveis, mas também conhecimentos tácitos que não são de fácil aquisição.

Além disso, o efeito da taxa de câmbio sobre a competitividade das empresas nacionais pressupõe que estas poderão, no longo prazo, substituir fornecedores de insumos estrangeiros por nacionais. No entanto, Rossi (2016, p. 22) alerta que

[...] o surgimento de redes de fornecedores domésticos depende de novas empresas, empresários, *expertise*, tecnologia, que nem sempre estão disponíveis. Nesse contexto, se um longo período de apreciação pode quebrar cadeias produtivas e desindustrializar, a desvalorização cambial não necessariamente remonta essas cadeias e reconstrói o caminho da industrialização.

Ainda que represente um avanço importante em relação à ortodoxia liberal, o escopo de atuação do Estado previsto pelo novo-desenvolvimentismo é muito limitado. A ele cabe apenas prover o arcabouço institucional apropriado e implementar uma política macroeconômica ativa. Uma vez que os preços macroeconômicos atinjam os níveis adequados, o mercado reagirá realizando investimentos produtivos e, consequentemente, promovendo o desenvolvimento. Segundo Bastos (2012, p. 784), a crença na gestão macroeconômica como condição necessária e suficiente para o desenvolvimento está intimamente relacionada ao não abandono, pelo novo-desenvolvimentismo, do “[...] elogio do mercado como mecanismo de alocação eficiente de recursos produtivos e financeiros [...]”. Mais especificamente, o novo-desenvolvimentismo faz, na visão de Bastos (2012, p. 787), “um elogio à indústria nacional e à sua capacidade de exportar e uma crítica ao que a impediria de exportar mais: a apreciação cambial trazida pela combinação entre abertura financeira e elevado diferencial de taxa de juros (diferencial esse explicado pelo déficit público)”. Isso difere claramente do proposto por uma das concepções teóricas que o novo-desenvolvimentismo busca resgatar:

A despeito da alegação de tratar-se de uma macroeconomia “estruturalista”, a ênfase quase exclusiva nos preços macroeconômicos *abandona um aspecto central do estruturalismo latino-americano: o pessimismo quanto à eficácia alocativa do mercado e à capacidade do setor privado de liderar o desenvolvimento, particularmente os ramos que exigissem montantes elevados de investimento de longo prazo de maturação/amortização e com capacidades tecnológicas não triviais* (BASTOS, 2012, p. 788, grifos nossos).

Esse limitado espaço para a atuação estatal é agravado pela falta de profundidade na discussão da política industrial, ainda que esta seja tratada como essencial. Carneiro (2012, p. 768, grifos nossos) explica que:

Essa corrente de pensamento nasce de uma postura crítica às políticas econômicas neoliberais, ao mesmo tempo procurando diferenciar-se do que denomina velho-desenvolvimentismo. Em relação às primeiras, critica sobretudo a postura da política macroeconômica consubstanciada em altas taxas de juros e moeda apreciada e sua incompatibilidade com o crescimento. [...] Em simultâneo, *postula que o velho-desenvolvimentismo e a sua ênfase excessiva no papel do Estado e na política industrial estariam superados. Isso porque a industrialização ter-se-ia completado e o essencial seria garantir preços macroeconômicos adequados, com destaque para a taxa de câmbio competitiva. Em síntese, o desenvolvimento econômico seria conseguido pelo manejo apropriado dos preços relativos – juros, câmbio e salários – por parte do Estado. O mercado faria o resto.*

O social-desenvolvimentismo, por sua vez, define como eixo do desenvolvimento a questão social,

ou seja, propõe-se uma inversão de prioridade relativamente ao velho e ao novo-desenvolvimentismo nos quais *o desenvolvimento das forças produtivas* era o principal objetivo a alcançar. A despeito de continuar relevante, esse objetivo estaria *subordinado à meta do desenvolvimento social* (CARNEIRO, 2012, p. 774, grifos nossos).

Em contraste com o novo-desenvolvimentismo,

[...] o social-desenvolvimentismo tem requisitos ou objetivos mais gerais que se impõem para além daqueles relativos ao formato ou combinação das políticas macroeconômicas particulares. *Seu requisito mais geral é o primado do papel do Estado como ação política consciente em prol do desenvolvimento e o caráter subordinado do mercado* (CARNEIRO, 2012, p. 777, grifos nossos).

Nessa vertente, o fator dinâmico que impulsiona o crescimento é a ampliação do mercado interno e do consumo de massas em função da melhora na distribuição de renda. Isso ocorre por meio de um círculo virtuoso em que um aumento nos salários amplia o consumo popular, o que incentiva o investimento. Este, por sua vez, gera aumento da produtividade e, conseqüentemente, uma nova rodada de aumento nos salários. Entretanto, “o sucesso da estratégia dependeria da criação suficiente de empregos, disponibilidade de recursos fiscais e atenuação da restrição externa” (CARNEIRO, 2012, p. 774).

Esse círculo virtuoso estaria fadado a perder dinamismo com o tempo, pois há limites à distribuição funcional de renda. Nesse sentido, a estratégia de desenvolvimento baseada no consumo de massa

deveria necessariamente ser completada por outros eixos dinâmicos. A demanda reprimida por infraestrutura econômica e social no Brasil constituía-se em uma alternativa atraente para dinamizar o investimento autônomo e fortalecer as cadeias produtivas. A articulação de investimentos em infraestrutura econômica – conduzidos majoritariamente pelo setor privado, mas com apoio do Estado na redução dos riscos e no financiamento de longo prazo – e em infraestrutura social – realizados predominantemente pelo setor público – exigiria que o Estado assumisse um papel central de coordenação e articulação e recuperasse a sua capacidade de financiamento (CARNEIRO, 2012).

Uma preocupação importante do social-desenvolvimentismo é a questão da restrição externa, que tantas vezes prejudicou o crescimento econômico brasileiro. Na fase de crescimento estimulado pelo consumo de massa, não haveria, segundo o social-desenvolvimentismo, grande preocupação, pois o padrão de consumo resultante da distribuição de renda tem menor elasticidade-renda das importações e a ampliação da base produtiva para atender ao mercado interno geraria ganhos de produtividade e aumentaria, portanto, a competitividade dos produtos brasileiros no mercado internacional. Investimentos em infraestrutura, por outro lado, são voltados predominantemente ao mercado interno e apresentam elevados coeficientes de penetração das importações. Seria preciso, dessa forma, adensar as cadeias produtivas para elevar as exportações líquidas. Além disso, as exportações de produtos intensivos em recursos naturais poderiam representar um alívio para a restrição externa (CARNEIRO, 2012).

A política macroeconômica também tem um papel a cumprir. O social-desenvolvimentismo entende que a política macroeconômica e, de maneira mais geral, o regime macroeconômico são uma ferramenta auxiliar ao processo de desenvolvimento e devem, portanto,

fazer parte do planejamento estratégico. De acordo com Rossi (2014, p. 199), “diante da complexidade do processo de desenvolvimento, o regime macro deve ser pensado estrategicamente no âmbito das demais políticas estruturais”. Além disso, o autor afirma que são duas as tarefas fundamentais do regime: “i) orientar a política macro para uma atuação anticíclica; e ii) criar um ambiente macroeconômico favorável ao investimento” (ROSSI, 2014, p. 199). Dessas duas tarefas derivam dois objetivos:

O regime macroeconômico deve ter a flexibilidade e os incentivos suficientes para permitir uma atuação anticíclica da política macro (fiscal, monetária e cambial), assim como administrar choques externos decorrentes de crises internacionais. As diretrizes do regime devem orientar a política macro para a sustentação do crescimento econômico.

O regime macro deve prover *estabilidade macroeconômica*, entendida não somente como estabilidade de preços, mas também das taxas de retorno da economia (juros e lucros) e da taxa de câmbio. Dois objetivos adicionais são a busca por juros baixos e pelo câmbio competitivo. Esses tem como finalidade última o desenvolvimento do *financiamento de longo prazo* e da *competitividade sistêmica* (ROSSI, 2014, p. 200, grifos no original).

Em resumo,

[...] a estratégia social-desenvolvimentista compreende *quatro eixos distintos e necessariamente complementares, mas que vêm sendo implementados com diferentes graus de prioridade e maturação*: i) a melhoria da distribuição de renda; ii) a ampliação da infraestrutura econômica e social; iii) a reindústria-

lização via adensamento das cadeias; iv) a expansão do setor baseado em recursos naturais (CARNEIRO, 2012, p. 776, grifos nossos).

Novo-desenvolvimentismo e social-desenvolvimentismo, retomando a definição proposta por Fonseca (2014), são subtipos de desenvolvimentismo – e não conceitos novos ou conceitos radiais –, pois incorporam todos os atributos do núcleo do conceito e acrescentam novos atributos, respectivamente disciplina fiscal e distribuição de renda. No entanto, usando o social-desenvolvimentismo como exemplo, o autor faz uma ressalva:

[...] se a distribuição de renda não estiver associada a um projeto de industrialização e a um conjunto de medidas que configure uma estratégia para reverter a estrutura produtiva no longo prazo, pode ser louvável e meritória, mas dificilmente se enquadra no conceito de desenvolvimentismo (FONSECA, 2014, p. 68).

Mais adiante, o autor salienta que

um desenvolvimentismo sem incluir o setor industrial no projeto sugere [...] uma contradição [...] ou um fenômeno novo, acerca do qual não haveria razões suficientes para ser abarcado pelo conceito de desenvolvimentismo, sob pena de submeter este último a uma profunda descaracterização [...] (FONSECA, 2014, p. 69, grifos nossos).

Dessa forma, na corrente social-desenvolvimentista, merece destaque especial a contribuição de Bielschowsky (2012), pois esta é a que melhor recupera o caráter industrializante do esforço social-desenvolvimentista. Isso se deve à própria visão que o autor tem da ideologia desenvolvimentista, entendida como “o suporte estatal aos investimentos necessários à transformação estrutural da economia”

(BIELSCHOWSKY, 2012, p. 733). O autor afirma que há, ou havia, na economia brasileira, três frentes de expansão potencialmente vigorosas, quais sejam:

(i) um amplo mercado interno de consumo de massa – que será tanto mais amplo quanto melhor vier a ser a distribuição de renda – e também uma estrutura produtiva potencialmente capaz de vir a realizar localmente boa parte da produção em larga escala correspondente, nos setores primários, industriais e de serviços, sem prejuízo de ampliar as exportações;

(ii) uma forte demanda nacional e mundial por seus abundantes recursos naturais; e

(iii) perspectivas favoráveis quanto à demanda estatal e privada por investimentos em infraestrutura (econômica e social) (BIELSCHOWSKY, 2012, p. 729).

Esses motores do desenvolvimento podem, porém, tanto vingar como se esvaír ao longo do tempo. Para vingar, as frentes devem ser adequadamente traduzidas em expansão do investimento no país. Além disso,

os investimentos nessas três frentes de expansão serão tão mais volumosos e mais mobilizadores da atividade produtiva e do emprego no país quanto mais amplos forem os processos de inovação e os encadeamentos produtivos que o país for capaz de gerar nas três frentes (BIELSCHOWSKY, 2012, p. 730).

Dessa forma, a inovação tecnológica e o fortalecimento dos encadeamentos produtivos são, para o autor, turbinadores do crescimento.

Mais do que turbinadores, esses dois elementos constituem, em realidade, condições necessárias para o sucesso da estratégia. Em rela-

ção à primeira frente de expansão, por exemplo, Bielschowsky (2012, p. 739, grifos nossos) afirma que “o modelo, porém, para que funcione, *requer bem mais do que o consumo de massa*. Exige também *que se realize a produção no país* de parte importante dos bens finais e de seus principais encadeamentos produtivos, ‘para frente’ e ‘para trás’”. Mais adiante o autor pergunta: “*será que a produção em massa estimulada pelo consumo de massa será feita no país ou teremos consumo de massa no Brasil e produção em massa na China?*” (BIELSCHOWSKY, 2012, p. 739, grifos no original). Em relação à segunda frente de expansão, Bielschowsky (2012, p. 740, grifos no original) ressalta que “[...] *as atividades baseadas em recursos naturais não podem ser meros enclaves de onde saíam as matérias-primas sem deixar rastro de emprego, progresso técnico e bem-estar social*”. Em resumo, “o grau de dinamismo de cada frente dependerá de sua capacidade de impulsionar (‘arrastar’) domesticamente, em seu processo de expansão, os investimentos nos setores/atividades produtivas que lhe são inerentes” (BIELSCHOWSKY; SQUEFF; VASCONCELOS, 2014, p. 138).³⁹

A ênfase na necessidade de expandir o investimento representa um avanço importante em relação ao novo-desenvolvimentismo, que, como dito, confiava na resposta do mercado aos estímulos macroeconômicos. Nas palavras de Bielschowsky (2012, p. 731, grifos nossos), “a proposição conceitual das frentes de expansão tem a virtude de, a princípio, permitir que se ponha o *foco do planejamento do desenvolvimento econômico sobre o volume e a composição setorial e tecnológica dos investimentos* [...]”. A deficiência dessa proposta, entretanto, reside no fato de que as medidas destinadas a expandir o investimento não são discutidas com profundidade.

³⁹ Esses argumentos são bastante semelhantes aos de Calcagno (2015), expostos no início da Seção 2.1.

Do ponto de vista empírico, Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos (2014) analisaram as principais tendências do investimento na economia brasileira na década de 2000 para verificar a hipótese de que há três frentes de expansão no Brasil. Segundo os autores, o investimento total cresceu, em média, 4,8% a.a. entre 2000 e 2008. Já os investimentos em infraestrutura, em recursos naturais e em produção de bens e serviços de consumo de massa se expandiram em cerca de 10% a.a. cada entre 2003 e 2008. “[Essa] simultaneidade, no plano agregado, dá razão à proposta de que convém organizar a reflexão sobre a agenda de desenvolvimento brasileira, no campo da economia, a partir da lógica tripartite de frentes de expansão” (BIELSCHOWSKY; SQUEFF; VASCONCELOS, 2014, p. 158).

Muito mais relevante, do ponto de vista do debate proposto, é a análise dos investimentos na indústria de transformação. Em relação a esse ponto, Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos (2014, p. 153-154) apontam que

[...] entre, por um lado, investimento em modernização das instalações e, por outro, investimentos em expansão e diversificação, tudo indica que tenha havido predomínio dos primeiros. Há, por certo, evidências de importantes investimentos de expansão em alguns destacados setores, como material de transporte – automotriz, naval, etc. – e montagem de produtos eletrônicos de consumo. Ainda assim, a hipótese básica é que as empresas industriais tenham sido cautelosas no que se refere à expansão e diversificação produtiva. Essa pode ter sido a razão principal para o fato de a expansão dos investimentos de 2003 a 2008 não ter freado o impulso importador [...].

Em relação às causas desse fenômeno, os autores explicam, em primeiro lugar, que a modernização é uma estratégia para preservar a alta rentabilidade e aumentar a competitividade:

Modernizar, para eles, significa repor equipamentos e fazer arranjos no processo produtivo, que tem por objetivo aumentar a eficiência do estoque de capital já existente – e elevar marginalmente a capacidade – por meio de investimentos cujo valor é relativamente reduzido, quando comparado ao valor de mercado de cada empresa. Investir em modernização é, portanto, altamente lucrativo, e tem baixo risco, porque o mercado de destino, predominantemente nacional, se encontra razoavelmente consolidado em favor da empresa (BIELSCHOWSKY; SQUEFF; VASCONCELOS, 2014, p. 154-155).

Em segundo lugar, os autores afirmam que os empresários têm sido cautelosos por diversas razões, por exemplo, a tendência de queda do preço dos produtos industrializados no mercado global, a apreciação da moeda doméstica e as elevadas taxas de juros praticadas no Brasil, que incentivam aplicações financeiras e desincentivam a tomada de empréstimos. Outro motivo de cautela é o que os autores chamam de “memória do fracasso”: “nos últimos trinta anos, não foram raras as ocasiões em que a decisão de investir em expansão para o mercado doméstico foi posteriormente castigada por crises e instabilidade na evolução da demanda” (BIELSCHOWSKY; SQUEFF; VASCONCELOS, 2014, p. 156). Isso torna o acelerador do investimento “preguiçoso” e faz com que, para reverter as expectativas, sejam necessários vários anos de crescimento.

Em terceiro lugar, segmentos específicos têm apresentado causas adicionais particulares. No caso dos bens intermediários, as privatizações acarretaram aumento da exigência de rentabilidade e maior aversão a riscos e incertezas. Consequentemente, investimentos importantes não foram realizados e a capacidade produtiva ficou estagnada.

No caso de bens de consumo duráveis, por outro lado, o setor é dominado por empresas multinacionais, e estas preferiram abastecer o mercado brasileiro em expansão por meio do acionamento da capacidade ociosa de plantas produtivas instaladas em outros países.

Dessa forma, os autores chegam à grave conclusão de que, nos três setores da indústria de transformação – bens de consumo, bens intermediários e bens de capital –, “ao que tudo indica, não se concretizou de forma satisfatória o mecanismo de indução dos investimentos em atendimento à expansão da demanda doméstica” (BIELSCHOWSKY; SQUEFF; VASCONCELOS, 2014, p. 160) e houve “vazamento para o exterior”, via aumento das importações e redução das exportações. Mais ainda,

[...] *para o bem e para o mal, o comportamento da indústria de transformação brasileira é de resistência a mudanças radicais. Para o bem, porque permite a preservação da capacidade produtiva previamente instalada. A indústria vem tendo participação decrescente no PIB, mas isso não tem implicado perda de setores. Para o mal, porque predominam ajustes incrementais, modernizadores das plantas e das práticas operacionais, evitando-se aumentar o tamanho dos empreendimentos, e evitando-se direcioná-los aos setores de maior densidade tecnológica* – na contramão, portanto, da demanda nacional e mundial. Isso significa perder oportunidades, e insistir em uma estrutura produtiva que, tecnologicamente, vai se distanciando da vanguarda internacional (BIELSCHOWSKY; SQUEFF; VASCONCELOS, 2014, p. 157-158, grifos nossos).

É possível tecer algumas considerações sobre as duas vertentes desenvolvimentistas do debate brasileiro, tendo em vista o que foi

apresentado nesta seção e na anterior. O novo-desenvolvimentismo traz lições importantes acerca da necessidade de haver uma política macroeconômica favorável ao desenvolvimento e de sua diferença em relação à política recomendada pela economia convencional, que estabelece como objetivo único a estabilidade dos preços. O novo-desenvolvimentismo, no entanto, confia demais na capacidade de resposta dos empresários brasileiros aos estímulos macroeconômicos. A avaliação de Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos (2014) mostra que essa crença é ingênua, pois o investimento é conservador e o acelerador do investimento é “preguiçoso”.

O social-desenvolvimentismo, ao enfatizar a questão da distribuição de renda, também acaba confiando na resposta dos empresários. Supõe-se que eles irão reagir não só ao crescimento da demanda, mas também aos estímulos governamentais, e investir e aumentar a base produtiva e a produtividade. Mas Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos (2014) mostram que predominam investimentos em modernização sobre investimentos em expansão e diversificação e que parte importante da demanda induzida pelo consumo de massa vazou para o exterior. O social-desenvolvimentismo de Bielschowsky (2012), por fim, enfatiza que o mercado de consumo de massas é apenas uma das três frentes potenciais de expansão e que é preciso, além de garantir que os investimentos se realizem, assegurar que haja fortalecimento dos encadeamentos produtivos e dos processos inovativos.

2.3 Aspectos da ação estatal no Brasil, 2003-2014

Encerrada a discussão sobre desenvolvimentismo, retoma-se uma das recomendações de Evans (2004): é preciso ter em mente que não basta o Estado decidir promover a transformação econômica via industriali-

zação; é necessário também que o Estado tenha capacidade para agir. Cabe, portanto, discutir se o Estado brasileiro detém as capacidades estatais necessárias e quais medidas ele já adotou nos últimos anos para promover o desenvolvimento industrial. Nesse sentido, propõe-se, a seguir, uma breve discussão sobre as capacidades estatais do governo brasileiro e sobre as políticas industriais implementadas desde 2003.

Cardoso Jr. (2014) é uma ótima referência para a discussão acerca das capacidades estatais brasileiras. Salienta-se, entretanto, que o objetivo desse texto não é discutir políticas desenvolvimentistas, mas a ação estatal e o planejamento em geral. O autor afirma que se verifica, no Brasil, desde os anos 1980, um processo de recuperação da capacidade de investimento do Estado, de atualização da sua estrutura administrativa e de amadurecimento institucional. Como resultado, o Estado passou a ter recursos fiscais, humanos, tecnológicos e logísticos capazes de estruturar e implementar políticas em âmbitos amplos da economia e da sociedade nacional, revitalizando, portanto, a capacidade estatal de planejar e promover o desenvolvimento. Nas palavras de Cardoso Jr. (2014, p. 80-81, grifos nossos), o Estado brasileiro logrou

[...] constituir e institucionalizar, sobretudo ao longo do período republicano, *capacidades estatais e instrumentos de ação consideráveis*, passíveis de serem mobilizados pelo que se denomina “função planejamento governamental” – função esta que também estruturou-se institucionalmente no mesmo período. [...] *Decorre destas capacidades uma série de instrumentos fundamentais* para o exercício de ações planejadas pelo Estado. Tais instrumentos estão aqui identificados pelo conjunto de empresas estatais, bancos públicos, fundos públicos e fundos de pensão, os quais podem ser – e efetivamente são – acionados pelo Estado para dar concretude a decisões de gasto

e investimento, cujo poder é extraordinário para induzir; ou mesmo moldar, determinadas configurações de políticas públicas e, conseqüentemente, determinadas dinâmicas produtivas e sociais no país.

A partir de 2003, à recuperação da capacidade de planejamento somou-se certa reativação do Estado como organizador e impulsionador do desenvolvimento. Cardoso Jr. (2014, p. 94), porém, é pessimista quanto ao alcance desse segundo processo.

Em termos concretos, [...] a despeito do grande potencial intrínseco às tais capacidades estatais e instrumentos governamentais à disposição para uma ampla, estratégica e complexa atuação “planejada” do Estado brasileiro contemporâneo, vigora, na realidade, grande fragmentação e densidade institucional diferenciada daqueles fatores todos. Isto explica, em parte, a relativamente baixa capacidade de governança que os governos brasileiros demonstram ter sobre seus projetos políticos de desenvolvimento.

Na opinião do autor, o Estado brasileiro “ainda possui capacidades não desprezíveis para operar os vetores do planejamento governamental, em prol do desenvolvimento” (CARDOSO JR., 2014, p. 104), e estas poderiam, se mais bem aproveitadas e articuladas, operar de forma ativa como instrumentos do planejamento. Como exemplo, Cardoso Jr. (2014) cita os Planos Plurianuais (PPA). Por um lado, esses planos constituem uma “importante função organizadora e racionalizadora da atuação estatal”, cujo principal mérito é a “tentativa de transformar a atividade de planejamento governamental em processo contínuo de ação estatal” (CARDOSO JR., 2014, p. 104). Por outro lado, o autor aponta também uma falha grave: “ao se reduzir o horizonte de ação possível do planejamento para o curto e o médio prazo, condicionando-o,

simultaneamente, ao orçamento prévio disponível, acabou-se, na verdade, transformando esta atividade em ação do tipo operacional-cotidiana do Estado [...]” (CARDOSO JR., 2014, p. 104). Ou seja, houve um “esvaziamento do planejamento, como função mais estratégica e política de Estado” (CARDOSO JR., 2014, p. 105).

É claro que esse movimento ocorreu em praticamente todo o mundo, mas exacerbou-se no Brasil em contexto não trivial nem casual de crise do Estado nacional. Diante do exposto, não é de estranhar que, de um lado, o *planejamento no sentido forte, estratégico e político do termo tenha desaparecido* do raio de possibilidades do Estado. Tampouco que, de outro lado, *a estabilização monetária* – em detrimento do crescimento econômico e da geração de empregos – *bem como a eficiência do gasto público* – em prejuízo da progressividade na arrecadação e da redistributividade na alocação – *tenham se convertido nos grandes objetivos nacionais*, ambos alcançáveis pela *primazia da gestão sobre o planejamento* [...] (CARDOSO JR., 2014, p. 105, grifos nossos).

Ademais, o autor afirma que,

[...] passada a primeira década (2003 a 2013) de governo do Partido dos Trabalhadores (PT) à frente da coalizão federal e a despeito de alguns importantes avanços sociais e econômicos, *vigora quase que completa ausência de reflexão estratégica do governo sobre a natureza específica do Estado brasileiro* (em um contexto ainda de inserção internacional subordinada), sobre o perfil adequado ou necessário à administração pública e sobre o próprio sentido geral do desenvolvimento nacional, nesta que já é a segunda década do novo milênio (CARDOSO JR., 2014, p. 110, grifos nossos).

Cardoso Jr. (2014) defende, com base nesse diagnóstico e na afirmação de que o Estado é parte constituinte do sistema social e econômico, que é preciso reativar o planejamento estratégico para destravar o potencial intrínseco às capacidades estatais e instrumentos governamentais. Nas palavras do autor, “[...] é preciso reconhecer que o Estado desempenha *papel indelegável* como forma institucional ativa no processo de desenvolvimento do país” (CARDOSO JR., 2014, p. 110, grifos nossos). Entretanto, ao contrário do que seria recomendável quanto às possibilidades de uso das capacidades estatais existentes no Brasil, “[...] prepondera um pragmatismo exacerbado na condução cotidiana das ações do governo” (CARDOSO JR., 2014, p. 111).

Ainda que faltem planejamento estratégico e projeto de desenvolvimento, o governo produziu, no período analisado pelo autor, diversos documentos e iniciativas concretas no campo do desenvolvimento e do planejamento. Cardoso Jr. (2014) elenca 31 documentos, entre 2003 e 2011, nas mais variadas áreas – defesa, direitos humanos, economia, educação, habitação, planejamento, saúde etc. Discutem-se a seguir, em mais detalhes, as políticas industriais implementadas a partir de 2003, por considerar que elas constituem a manifestação concreta de uma política industrializante.

Antes de iniciar essa discussão, cabe debater quais são os contornos de uma política industrial “ideal”. Optou-se pela abordagem neoschumpeteriana oferecida por Baptista (2000), por estar mais alinhada com os pressupostos teóricos dos textos discutidos até o momento, em especial aqueles apresentados na Seção 2.1. A proposição fundamental no trabalho de Baptista (2000) é a de que

[...] os mercados são instituições, cuja dinâmica é dada pela interação intertemporal entre as estratégias das firmas e seu ambiente de seleção – fortemente

condicionado por suas dimensões nacional e setorial. Estas características, aliadas à importância da herança (ou “patrimônio genético”) das firmas, incorporada em seus ativos, capacitações e rotinas, evidenciam o caráter histórico dos processos econômicos concretos e das instituições que os organizam (incluindo as políticas no sentido estrito) (BAPTISTA, 2000, p. 121).

Baptista (2000) explica que o poder de concorrência e a competitividade das economias nacionais dependem da criação e sustentação de capacidades dinâmicas por parte das firmas. O acúmulo de capacidades faz, a cada momento, as firmas deterem uma herança, ou seja, um leque de ativos (tangíveis e intangíveis), uma série de capacitações (tecnológicas, organizacionais e econômicas) e um sistema articulado de rotinas (destacando-se aquelas de aprendizado). Essa herança é específica a cada firma e condiciona as oportunidades de negócios existentes e as estratégias possíveis. Além disso, é afetada por determinados balizamentos estruturais: o conjunto de instituições e as propriedades básicas dos paradigmas e das trajetórias tecnológicas, que afetam a dinâmica industrial e tecnológica e as estruturas de mercado.

Uma implicação importante do que foi dito é que as possibilidades de exploração efetiva de oportunidades tecnológicas não se apresentam igualmente distribuídas entre as firmas. “O aproveitamento destas oportunidades de mercado mais dinâmicas e atrativas do ponto de vista econômico depende da proximidade destas novas áreas de expansão com o perfil do leque de ativos e capacitações das firmas” (BAPTISTA, 2000, p. 154). Do ponto de vista da economia nacional, isso significa que as atividades econômicas de maior rentabilidade para qualquer agente em particular não coincidem necessariamente com as atividades de maior eficiência de crescimento e de maior oportunidade tecnológica. Se isso for alinhado ao caráter cumulativo dos processos

de desenvolvimento, percebe-se que há uma rigidez ou inércia no perfil alocativo das firmas e, conseqüentemente, das economias nacionais. Esse caráter *path-dependence* das trajetórias de expansão faz escolhas alocativas presentes afetarem o desempenho futuro, gerando irreversibilidade e alimentando mecanismos de causação circular e cumulativa.

Nesse contexto, política industrial consiste em um conjunto de atividades que visa aumentar a produtividade e a competitividade da economia e de indústrias específicas. A competitividade, por sua vez, está intimamente relacionada à inovação em sentido amplo, pois é esta que possibilita a geração de vantagens absolutas por parte das empresas. Assim,

a sustentação intertemporal de condições de competitividade está associada à posse e desenvolvimento permanente de capacitações dinâmicas (de aprendizado) por parte das empresas. A política industrial deve orientar-se, portanto, para a criação e sustentação de um ambiente de seleção que fomente este comportamento (BAPTISTA, 2000, p. 129).

Além disso, a autora salienta que a eficiência alocativa dinâmica difere da eficiência estática paretiana, pois esta última é incompatível com um ambiente onde há assimetria de informação e inovação.

Sinteticamente, trata-se de explorar as potencialidades de aprendizado cumulativo e local pelas linhas de menor resistência, evidenciadas a partir do diagnóstico da “estrutura herdada” estimulando, simultaneamente: (i) a exploração de mecanismos de aprendizado interativo; (ii) o deslocamento das “fronteiras de possibilidade de produção” dos agentes privados no sentido da incorporação progressiva de mercados (ou segmentos de mercado) de maior dinamismo através do estímulo ao deslocamento das firmas ao longo dos seus horizontes de diversificação e domínios de aprendizado de uma

forma orientada para a incorporação de novos ativos e capacitações (BAPTISTA, 2000, p. 193).

Para Baptista (2000), a política industrial deve cumprir três funções. A primeira é reduzir os efeitos da incerteza sistêmica. A ação mais importante nesse campo é “o estabelecimento de um ‘ponto focal’ – ou meta estratégica de política industrial – em torno do qual as condutas privadas possam articular-se” (BAPTISTA, 2000, p. 136).

A segunda é incentivar o aprendizado e a cooperação. É fundamental que o Estado articule as distintas instituições produtoras de conhecimento e tecnologia e organize as externalidades por elas geradas, pois “parte substancial do conhecimento economicamente útil, ou seja, que se traduz em vantagens competitivas, é gerado através de processos de interação (vertical e/ou horizontal) entre vários agentes [...]” (BAPTISTA, 2000, p. 140). Assim, quando a cooperação não é gerada espontaneamente por meio da racionalidade privada, o Estado deve estimulá-la – e atuar, portanto, como um *matchmaker* – para aumentar o aprendizado coletivo e o potencial inovativo do sistema.

A terceira função da política industrial é reconfigurar o perfil da estrutura produtiva. Essa função parte dos entendimentos de que uma economia nacional é uma rede de relações interfirmas e interindústrias e de que os ganhos de aprendizado dependem da disponibilidade local de redes de fornecedores e de indústrias correlatas. Assim, a política deve não só fortalecer os elos mais fracos das redes de aprendizado, mas também criar os elos inexistentes. Note-se que “a necessidade de criação de determinadas atividades produtivas tende a ser maior em complexos ou cadeias industriais emergentes, perante complexos ou cadeias maduros e tecnologicamente estáveis” (BAPTISTA, 2000, p. 145-146).

Ou seja, a função de *matchmaker* do Governo pode envolver, dependendo das circunstâncias, a elabora-

ção de políticas de *industrial targeting*, orientadas para o fortalecimento de determinadas atividades produtivas ou mesmo para o preenchimento de “vazios” nas redes relevantes de aprendizado – particularmente quando estas lacunas: (i) localizam-se em mercados ou segmentos de mercado onde as condições de custo e rentabilidade atuais inibem o investimento privado; (ii) comprometem as condições atuais (e prospectivas) de inovatividade e rentabilidade nos mercados (ou segmentos de mercado) a eles articulados no interior de uma mesma rede relevante de aprendizado (BAPTISTA, 2000, p. 146).

Uma ressalva importante é a de que

embora a política industrial seja concebida visando afetar o comportamento (ou as estratégias) das firmas e o setor no qual estas se inserem seja uma mediação fundamental em sua formulação, o seu foco deve ser a cadeia produtiva (ou *filière*) e a formação (ou reconfiguração) de redes (*networks*) (BAPTISTA, 2000, p. 192).

Para melhor especificar o conteúdo da política industrial, é preciso analisar cada caso em particular, pois cada economia nacional é fruto de processos concretos, historicamente datados e específicos. Assim, não é possível definir uma receita de política aplicável genericamente a qualquer situação. De acordo com Baptista (2000, p. 194), “o máximo que pode (e deve) ser feito [...] é o alinhamento dos princípios básicos e funções a serem desempenhadas pela política [descritos anteriormente] e a identificação dos elementos centrais do diagnóstico do ‘estado inicial’”.

A determinação do estado inicial é importante porque “o grau de abrangência e de intensidade a ser imprimido à política industrial depende da distância de cada país em particular em relação à fronteira tecnológica, especialmente no campo das tecnologias novas (ou mais promissoras)”

(BAPTISTA, 2000, p. 147). A expressão desse hiato, na realidade, divide-se em duas. Por um lado, “o grau de defasagem observado nas empresas de determinado país no que se refere à *best practice* internacional, dada a sua inserção setorial” (BAPTISTA, 2000, p. 147). Por outro,

o grau de aderência entre o perfil de especialização produtiva de determinado país ao [...] regime prevalente de crescimento e comércio internacional. Dito de outra forma, o padrão alocativo de determinada economia apresenta graus distintos de eficiência dinâmica (não só de crescimento mas principalmente schumpeteriana) em decorrência do caráter qualitativamente distinto das atividades produtivas no que tange à sua capacidade (atual e potencial) de crescimento e geração de renda (BAPTISTA, 2000, p. 148).

A autora sugere, então, para definir o grau de defasagem em relação à fronteira internacional, que o estado inicial – ou estrutura herdada – seja analisado com base em três dimensões – setorial, institucional e patrimonial.

A primeira – consubstanciada no conjunto de ativos e de capacitações internalizados em determinada economia – define os padrões específicos de relações inter-setoriais (produtivas e tecnológicas) e delimita os horizontes de diversificação e domínio de aprendizado dos agentes econômicos, conformando as “linhas de menor resistência” de suas trajetórias de expansão e a intensidade (e natureza) das barreiras à entrada nos setores mais dinâmicos da economia. A segunda – institucional – diz respeito à forma particular de organização, coordenação e interação entre estes ativos e capacitações (ou seja, às microinstituições intra e interfirmas), indicando o grau (maior ou menor) de conversão de redes potenciais de aprendizado coletivo em *networks* efetivos de aprendizado (BAPTISTA, 2000, p. 195).

A dimensão patrimonial, por sua vez, evidencia que a defasagem “deve ser avaliada, não em termos do perfil setorial da estrutura produtiva, mas em termos do conjunto de capacitações e ativos efetivamente internalizados (e/ou controlados) na economia nacional em causa [...]” (BAPTISTA, 2000, p. 196). Ou seja, é preciso distinguir quais capacitações e ativos são controlados por empresas nacionais e quais são controlados por subsidiárias de companhias estrangeiras.

Depois da caracterização da estrutura herdada, a necessidade é identificar as cadeias produtivas e as redes de aprendizado que serão objetivo preferencial da política. Baptista (2000) defende que essa escolha deve levar em consideração o estado inicial, de forma a aproveitar os ativos específicos e as capacitações tecnológicas, organizacionais e de aprendizado já acumuladas e internalizadas. Trata-se de “aproveitar as linhas de menor resistência para incrementar o potencial dinâmico da estrutura herdada” (BAPTISTA, 2000, p. 173).

Em outras palavras, a presença de capacitações e ativos já introjetados na economia – ainda que associados a setores e cadeias de moderado dinamismo – pode (e deve) constituir uma *plataforma básica* a partir da qual novas capacitações e redes possam ser articuladas e/ou fortalecidas – redes estas associadas a setores ou complexos de maior dinamismo. Assim, setores e redes já internalizados na economia podem nortear uma política de *upgrading* tecnológico e industrial, cuja orientação – em termos da estratégia de especialização a ser imprimida à mesma –, deve ser concebida a partir do perfil do conjunto de capacitações e ativos herdados e que se materializam em configurações industriais específicas (BAPTISTA, 2000, p. 175, grifos no original).

Houve, entre 2003 e 2014, três rodadas de política industriais. O termo “rodadas de políticas” está sendo usado porque os documentos

inaugurais de cada política mais servem para organizar ações já em curso e lhes dar maior impulso do que lançar políticas totalmente novas. Apresenta-se a seguir uma descrição dos documentos inaugurais de cada uma dessas rodadas.

A partir de 2003, o governo brasileiro passou a ver o desenvolvimento econômico como resultado da combinação de política macroeconômica e política industrial. A primeira é importante para reduzir o risco-país, atrair capitais, diminuir a taxa de juros, aumentar a oferta de crédito, reduzir o custo de rolagem da dívida pública, controlar a inflação e, portanto, incentivar a retomada dos investimentos e do crescimento. Contudo, a segunda também é necessária para que, por meio do aumento da competitividade da economia brasileira e da elevação das taxas de investimento e de poupança, os desequilíbrios internos e externos possam ser superados. Nesse contexto, foi lançada, em 2004, a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), que tinha como objetivo promover o desenvolvimento e a difusão de tecnologias com alto poder indutor para elevar a eficiência da estrutura produtiva, aumentar a capacidade de inovação das empresas brasileiras e expandir as exportações. Na avaliação do Governo Federal,

esta é a base para uma maior inserção do país no comércio internacional, estimulando os setores onde o Brasil tem maior capacidade ou necessidade de desenvolver vantagens competitivas, abrindo caminhos para inserção nos setores mais dinâmicos dos fluxos de troca internacionais (BRASIL, 2003, p. 2-3).

A construção da Pitce ocorreu com base no diagnóstico, por um lado, de que a inovação era a característica-chave dos setores mais dinâmicos da indústria mundial, e, por outro, de que a participação do Brasil no comércio mundial era declinante. Além de declinante, não virtuosa, pois a pauta exportadora era concentrada em produtos pou-

co dinâmicos, com baixo conteúdo tecnológico, e com preços externos instáveis. Além disso, havia expressivo déficit nos setores da chamada economia do conhecimento – química fina e tecnologias da informação e comunicação (TIC) –, na qual inovação e qualificação da mão de obra são fatores fundamentais. E o déficit nesses setores tendia a se acelerar nos períodos de crescimento econômico, aumentando a restrição externa. Portanto, “para o equilíbrio externo de médio e longo prazo, é fundamental que um país como o Brasil não se distancie das áreas mais dinâmicas do conhecimento” (BRASIL, 2003, p. 6).

O governo brasileiro identificou também que parte considerável do comércio internacional era intrafirma, em função da configuração das cadeias globais de valor. Assim, para promover o comércio exterior, além de investir nos setores mais dinâmicos, seria preciso contar com empresas grandes e internacionalizadas. Uma forma de fazer isso era favorecer o crescimento das empresas nacionais, de forma a desenvolver “sistemas empresariais maiores e mais compatíveis com as dimensões das corporações internacionais. Contar com grandes empresas nacionais que sejam ativas na liderança do crescimento brasileiro é fundamental para consolidar processos inovadores consistentes” (BRASIL, 2003, p. 6). Outro modo seria atrair investimento externo direto para o Brasil. As filiais de multinacionais poderiam, além de aumentar as exportações e a corrente de comércio, instalar centros de P&D no país.

Dessa forma, o vetor escolhido pela política industrial foi o estímulo à eficiência produtiva, ao comércio exterior, à inovação e ao desenvolvimento tecnológico. No entanto, o governo entendia que isso exigiria ações articuladas entre o Estado, o setor privado e as instituições de pesquisa, com proeminência do primeiro, pois “a aprendizagem, a capacitação, e a inovação tecnológica, exatamente por envolverem cooperação de longa duração entre firmas e instituições, tendem a

ocorrer mais fluentemente se sustentadas por políticas industriais promovidas pelo poder público” (BRASIL, 2003, p. 7).

A Pitce propôs, então, articular ações horizontais – que visam promover a eficiência e o bom desempenho da atividade produtiva em geral – e verticais – que visam desenvolver setores e cadeias produtivas selecionadas. As principais linhas de ação definidas pela política eram:

- estruturar um sistema nacional de inovação para fomentar a inovação e o desenvolvimento tecnológico;
- promover o aumento das exportações para melhorar a inserção externa do país;
- incentivar uma ampla modernização industrial, em relação tanto à produção quanto a técnicas de gestão;
- promover o aumento da capacidade e da escala produtivas, principalmente em setores intensivos em capital; e
- concentrar os esforços em setores intensivos em conhecimento – semicondutores, *software*, fármacos e medicamentos e bens de capital –, considerados estratégicos.

Em relação às ações direcionadas aos setores estratégicos, o Governo Federal entendia que elas pressupunham um complexo e sofisticado conjunto de instrumentos, com articulação com outras políticas públicas – infraestrutura e saúde, por exemplo. Para o setor de semicondutores, a Pitce previa tanto a atração de investimento externo quanto o desenvolvimento de competências nacionais e a formação de pessoal qualificado. Para isso, iria se apoiar nos estudos que já estavam sendo conduzidos no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do BNDES.

Em 2008, a Pitce foi substituída pela recém-lançada Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). Uma vez que a estabilidade econômica havia sido consolidada – e reconhecida internacionalmente –, o principal objetivo do Governo Federal era construir uma trajetória

sustentada de crescimento de longo prazo. O cenário naquele momento era muito otimista no Brasil:

Há boas razões para crer que a fase inicial de um novo ciclo longo de crescimento já está em andamento. Em dezembro de 2007, completaram-se 23 trimestres consecutivos de expansão da produção industrial, 15 trimestres de ampliação do consumo, e, aspecto distintivo do momento atual, 13 trimestres seguidos de crescimento do investimento – expansão sempre superior, nos últimos dois anos e meio, à observada para o produto interno bruto (PIB). Compõem, ainda, esse quadro positivo, a robusta expansão dos mercados de crédito e de capitais e a ampliação dos lucros das empresas, do emprego e da massa salarial em todos os setores da economia brasileira (BRASIL, 2008f, p. 7).

Além disso, como os anos anteriores haviam sido marcados por superávits comerciais e acúmulo de divisas, a restrição externa não era mais considerada um problema central. Todavia, a continuidade do crescimento não estava assegurada, especialmente em função da crise financeira global. Na avaliação do governo, a Pitce havia propiciado avanços importantes, mas era preciso “conferir maior potência à Política Industrial, por meio da ampliação da sua abrangência, do aprofundamento das ações já iniciadas e da consolidação da capacidade de desenhar, implementar e avaliar políticas públicas” (BRASIL, 2008f, p. 10).

A PDP visava, portanto, manter a confiança no crescimento e promover a competitividade a longo prazo da economia brasileira. Para tanto, a política iria enfrentar quatro desafios:

- ampliar a capacidade de oferta para enfrentar uma demanda em expansão, evitando pressões inflacionárias e gargalos;

- preservar a robustez do balanço de pagamentos brasileiro por meio da expansão das exportações e da atração de investimento externo;
- elevar a capacidade de inovação das empresas brasileiras, de forma a agregar valor aos produtos nacionais, ampliar a competitividade das empresas no mercado doméstico e fortalecer a inserção externa do país; e
- fortalecer as micro e pequenas empresas para amplificar os efeitos competitivos e distributivos positivos do atual ciclo de expansão, notadamente a geração de emprego e a inclusão social.

Depois de definidos desafios, a PDP se estruturava em dois níveis: metas e políticas. Quanto a metas, há macrometas – as chamadas metas-país – e metas por programas específicos. As quatro metas-país eram:

- elevar a taxa de investimento de 17,6% do PIB em 2007 para 21% em 2010;
- elevar o gasto privado em P&D de 0,51% do PIB em 2007 para 0,65% em 2010;
- ampliar a participação do Brasil nas exportações mundiais de 1,18% em 2007 para 1,25% em 2010; e
- aumentar em 10% o número de micro e pequenas empresas exportadoras.

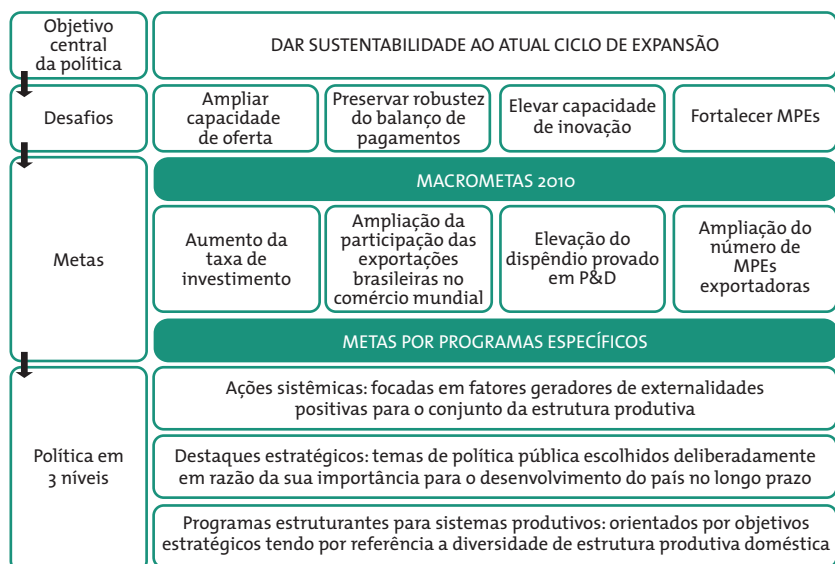
Em relação a políticas, há três níveis. No primeiro, estão as ações sistêmicas, que consistem em medidas com incidência direta sobre o desempenho da estrutura produtiva, especialmente nos planos fiscal-tributário, do financiamento ao investimento e à inovação e da segurança jurídica, e que ultrapassam o nível da empresa e do setor. No segundo nível, estão temas de política pública, denominados destaques

estratégicos, que não têm dimensão sistêmica ou setorial, mas que são importantes para o desenvolvimento produtivo de longo prazo. Os seis destaques estratégicos escolhidos são:

- o fortalecimento das micro e pequenas empresas;
- a expansão das exportações;
- a integração produtiva com América Latina e Caribe, com foco inicial no Mercosul;
- a integração com a África;
- a regionalização, ou descentralização espacial da produção no país; e
- a produção ambientalmente sustentável.

Por fim, no terceiro nível, os programas estruturantes para sistemas produtivos buscam favorecer a diversidade produtiva e substituem o conjunto fixo e limitado de setores-alvo. Esses programas estruturantes foram, por sua vez, divididos em três conjuntos: (i) programas mobilizadores em áreas estratégicas – quais sejam, tecnologias de informação e comunicação, nanotecnologia, biotecnologia, complexo industrial de defesa, complexo industrial da energia nuclear e complexo industrial da saúde –; (ii) programas para fortalecer a competitividade – com foco no complexo automotivo, na indústria de bens de capital, na indústria naval e de cabotagem, na indústria têxtil e de confecções, no complexo de couro, calçados e artefatos, no setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos, no setor de madeira e móveis, na indústria de plásticos, no complexo produtivo do biodiesel, na agroindústria, na construção civil e no complexo de serviços –; e (iii) programas para consolidar e expandir a liderança de setores com projeção internacional – por exemplo, o complexo produtivo do bioetanol, o complexo industrial de petróleo, gás e petroquímica, o complexo aeronáutico e os complexos produtivos de *commodities*, como mineração, siderurgia, celulose e carnes. A Figura 1 esquematiza desafios, metas e políticas da PDP.

Figura 1. Estrutura da Política de Desenvolvimento Produtivo



Fonte: Brasil (2008f).

Quanto a instrumentos, a PDP definiu quatro categorias:

- instrumentos de incentivo, ou seja, crédito, financiamento, capital de risco e incentivos fiscais;
- poder de compra governamental, via compras da administração direta e de empresas estatais;
- instrumentos de regulação – técnica, sanitária, econômica e concorrencial –; e
- apoio técnico em certificação e metrologia, promoção comercial, gestão da propriedade intelectual, capacitação empresarial e de recursos humanos, coordenação intragovernamental e articulação com o setor privado.

Em relação a medidas concretas, a PDP previa expansão do *funding* e redução do *spread* do BNDES, desoneração dos investimentos,

criação de novas linhas de financiamento para inovação no BNDES, simplificação de procedimentos administrativos, elevação do investimento público em infraestrutura, entre outras.

Em 2011, por fim, foi lançado o Plano Brasil Maior (PBM), que busca aproveitar competências presentes nas empresas, na academia e na sociedade para estimular a inovação e a produção nacional e, consequentemente, alavancar a competitividade da indústria brasileira. O programa abrange duas dimensões: uma sistêmica e uma estruturante. A dimensão sistêmica compreende ações transversais que visam o aumento da eficiência produtiva da economia, tais como formação e qualificação da mão de obra, incentivo ao comércio exterior, incentivo ao investimento, incentivo à inovação, incentivo à produção sustentável, promoção da competitividade dos pequenos negócios, promoção do desenvolvimento regional e promoção do bem-estar do consumidor. A dimensão estruturante reúne cinco diretrizes setoriais:

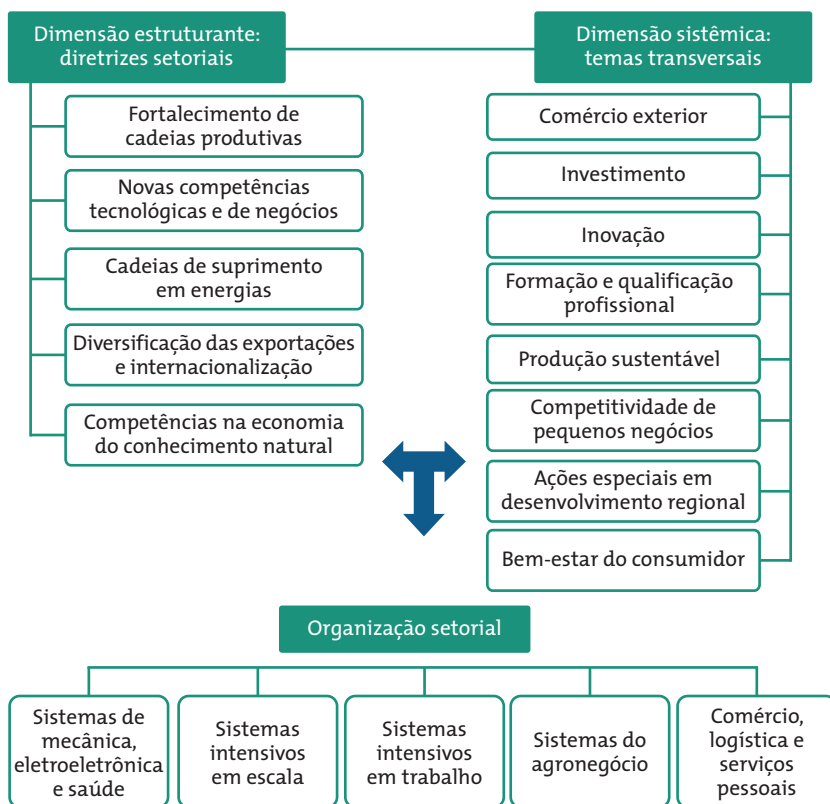
- fortalecer as cadeias produtivas;
- criar e ampliar competências tecnológicas e de negócios;
- desenvolver cadeias de suprimentos em energia;
- diversificar as exportações e promover a internacionalização das empresas; e
- consolidar competências na economia do conhecimento natural.

Não há, nesse programa, definição de setores estratégicos. No entanto, algumas diretrizes são voltadas para setores específicos. Por exemplo, a segunda e a quarta diretrizes priorizam setores de alta intensidade tecnológica, enquanto a terceira e a quinta são voltadas para setores intensivos em recursos naturais. Além disso, para facilitar a formulação e a implementação de programas e projetos, o PBM organiza os principais setores da estrutura produtiva brasileira em cinco sistemas:

- sistemas de mecânica, eletroeletrônica e saúde;
- sistemas intensivos em escala;
- sistemas intensivos em trabalho;
- sistemas do agronegócio; e
- comércio, logística e serviços pessoais.

A Figura 2 sintetiza o modelo proposto pelo PBM.

Figura 2. Estrutura do Plano Brasil Maior



Fonte: Brasil (2011a).

Em resumo, os objetivos estratégicos do PBM são o desenvolvimento sustentável, a ampliação dos mercados, o adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor e a criação e o fortalecimento de competências críticas. Assim como na PDP, o governo estipulou também algumas metas concretas:

- ampliar o investimento fixo de 18,4% do PIB em 2010 para 22,4% em 2014;
- elevar o gasto privado em P&D de 0,59% do PIB em 2010 para 0,90% em 2014;
- elevar o percentual de trabalhadores industriais com ensino médio completo de 53,7% em 2010 para 65,0% em 2014;
- ampliar a relação valor da transformação industrial (VTI)/valor bruto da produção (VBP) de 44,3% em 2009 para 45,3% em 2014;
- elevar a relação VTI da indústria de alta e média-alta tecnologia/VTI total da indústria de 30,1% em 2009 para 31,5% em 2014;
- aumentar em 50% o número de micro, pequenas e médias empresas inovadoras;
- diminuir o consumo de energia por unidade de PIB industrial de 150,7 toneladas equivalentes de petróleo/R\$ milhão em 2010 para 137,0 em 2014;
- ampliar a participação do país no comércio internacional de 1,36% em 2010 para 1,60% em 2014;
- elevar a relação VTI/VBP dos setores ligados à energia de 64,0% em 2009 para 66,0% em 2014; e
- ampliar o número de domicílios urbanos com acesso à banda larga de 13,8 milhões em 2010 para 40,0 milhões em 2014 (BRASIL, 2011a).

À guisa de conclusão, não cabe analisar se as políticas industriais foram devidamente implementadas e que resultados alcançaram, pois isso será feito especificamente para o caso da indústria de semicondutores nos próximos capítulos. O objetivo é apenas analisar as intenções expressas nos documentos inaugurais das políticas industriais lançadas a partir de 2003. Em termos gerais, estão presentes, nas três políticas industriais, vários dos elementos centrais elencados por Baptista (2000). As três políticas deram grande importância à necessidade de fortalecer a competitividade e aumentar a produtividade da economia brasileira. O foco sempre foi incentivar atividades inovativas, desenvolver vantagens competitivas e se inserir em setores mais dinâmicos.

Outros elementos, entretanto, estão presentes só em uma ou duas políticas. Na Pitce, por exemplo, houve diagnóstico do estado inicial e do grau de afastamento em relação à fronteira internacional. Isso não está presente na PDP e no PBM. Nestas duas últimas, por outro lado, houve definição de metas estratégicas. Essas metas são, contudo, excessivamente genéricas e expressam apenas os resultados almejados quanto a indicadores.

Na Pitce, houve incentivo à formação de redes de inovação. Previam-se ações articuladas entre Estado, empresas privadas e instituições de pesquisa. Todas as três incentivaram a criação de novos setores, mas na PDP e no PBM houve uma tentativa de aproveitamento das capacidades já existentes e de compelir setores tradicionais a se engajarem em atividades mais dinâmicas. Além disso, a PDP e o PBM também organizaram a economia em cadeias produtivas, que devem, idealmente, ser os alvos da política industrial. Não fica claro, entretanto, se haveria incentivo à interação entre as cadeias e à formação de redes.

2.4 Considerações finais

A análise apresentada permite que se tenham algumas considerações. A literatura analisada defende que o Estado tem um importante papel a cumprir no processo de transformação econômica e que esse papel pode ser desempenhado de diversas maneiras. Mais ainda, o Estado é, com frequência, o protagonista do processo de desenvolvimento, seja porque ele assume o papel de coordenador ou de *entrepreneur-in-chief*, seja porque o processo de desenvolvimento pressupõe um elevado grau de socialização do investimento.

A literatura internacional salienta, entretanto, que a industrialização é *necessariamente* parte integrante da estratégia desenvolvimentista. Esse aspecto é corroborado pelo conceito de desenvolvimentismo proposto por Fonseca (2014) e pela afirmação desse mesmo autor de que desenvolvimentismo sem projeto de industrialização é uma contradição. Além disso, é pertinente encarar a industrialização como um processo contínuo e dinâmico. Isso implica que o conceito de desenvolvimentismo pode ser aplicado não apenas a países em desenvolvimento, mas também a países desenvolvidos. Ainda é preciso levar em consideração, ao se falar sobre o aspecto industrializante do desenvolvimento, que muitos países em desenvolvimento querem mais do que alcançar os países desenvolvidos, eles querem ultrapassá-los.

O debate desenvolvimentista no Brasil, porém, põe o aspecto industrializante em segundo plano. Isso ocorre em função da crença do novo-desenvolvimentismo e do social-desenvolvimentismo na capacidade de resposta dos empresários brasileiros. Essa crença é ingênua, mas não é injustificada. O governo depende, em última instância, da resposta dos empresários e, por mais que haja diferentes graus de estímulo – e é, com certeza, necessário que se discuta mais quais graus são estes e qual é o

grau de estímulo necessário no Brasil –, a capacidade estatal é limitada. Afinal, o desenvolvimentismo se enquadra nos marcos institucionais do sistema capitalista, o que pressupõe “a manutenção da propriedade e da iniciativa privada como instituições, e do mecanismo de formação de preços e de alocação pelo mercado, mesmo que o Estado participe de forma reguladora e supletiva” (FONSECA, 2014, p. 61).

Por fim, a discussão mostrou que o Estado brasileiro conta com capacidades e instrumentos de ação consideráveis, que poderiam ser utilizados para moldar dinâmicas produtivas e sociais no país. Essa capacidade de planejamento, no entanto, tem sido cooptada pela gestão de curto prazo, em vez de ser utilizada estrategicamente para atingir objetivos de longo prazo. Ainda assim, o Estado brasileiro demonstrou ter capacidade para propor políticas industriais interessantes e compatíveis com o modelo teórico apresentado.

3. A indústria de semicondutores

A indústria de semicondutores é uma das mais relevantes e dinâmicas no mundo hoje. Sua importância está relacionada às crescentes possibilidades de aplicação dos componentes semicondutores, que não se restringem mais às indústrias eletrônica e de telecomunicações. Como já foi dito, os semicondutores estão no âmago não apenas da era da informação e da comunicação, como também da indústria 4.0, ou a revolução da internet das coisas. A importância da indústria de semicondutores ainda se relaciona ao significativo impacto que a evolução tecnológica do setor tem sobre a produtividade de todos os demais setores da economia, uma vez que a crescente capacidade de processamento e armazenamento foi acompanhada por custo decrescente.

O objetivo deste capítulo é fornecer um panorama geral sobre a indústria de semicondutores mundial. A primeira seção apresenta uma definição do setor, uma categorização dos principais segmentos de produtos, uma descrição das etapas do processo produtivo e uma explanação dos modelos de negócios adotados no setor. A segunda seção descreve alguns aspectos da organização setorial da indústria de semicondutores, tais como evolução do faturamento total, principais mercados consumidores, principais segmentos do setor e evolução das empresas líderes. Também expõe a evolução da distribuição geográfica da indústria de semicondutores, seja quanto aos países ou regiões-sede das empresas, seja quanto aos países ou regiões onde está instalada a capacidade produtiva. A terceira seção começa discutindo a principal tendência da indústria de semicondutores, qual seja, a rápida evolução tecnológica, que se expressa, em geral, pela Lei de Moore. Essa tendência exerce, entretanto, significativa pressão sobre o setor e faz surgir diversas outras tendências econômicas, que também são discutidas. A quarta seção conta um pouco da história da indústria de semiconduto-

res, começando com o seu surgimento nos EUA. Seu foco, no entanto, são as estratégias de inserção de novos países nesse setor, bem como a resposta dos EUA ao desafio imposto por esses *latecomers* e o papel que o apoio governamental desempenhou em todos os casos. Por fim, a quinta seção contém algumas conclusões.

3.1 Definição da indústria de semicondutores

A indústria de semicondutores projeta e fabrica componentes semicondutores, que são componentes eletrônicos que exploram as propriedades elétricas e eletrônicas dos materiais semicondutores, predominantemente o silício. Esses componentes são produzidos por processos físico-químicos – tais como limpeza, litografia, deposição de materiais, corrosão, implantação, oxidação, tratamento térmico etc. – em escala micrométrica⁴⁰ ou nanométrica.⁴¹

As principais categorias de componentes semicondutores são:

- componentes discretos: diodos, transistores etc.;
- CIs analógicos:⁴² amplificadores e comparadores, reguladores e referências de tensão, conversores de dados, *switches* e multiplexadores, interfaces;
- CIs digitais:⁴³
 - circuitos lógicos: *display drivers*, *lógica standard*, *field programmable gate arrays* (FPGA) e *programmable logic devices* (PLD);

⁴⁰ Um micrômetro equivale a um milionésimo de metro ($1\ \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6}\ \text{m}$).

⁴¹ Um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro ($1\ \text{nm} = 1 \times 10^{-9}\ \text{m}$) e a um milésimo de micrômetro ($1\ \text{nm} = 1 \times 10^{-3}\ \mu\text{m}$).

⁴² Circuitos analógicos processam sinais que podem assumir quaisquer valores dentro de um intervalo contínuo.

⁴³ Circuitos digitais processam, em tempos determinados e discretos, sinais que assumem apenas dois valores discretos, associados a zero e um.

- memórias:⁴⁴ voláteis *dynamic random access memory* (DRAM) e *static random access memory* (SRAM), não voláteis *flash NOR* e *flash NAND*, outras memórias não voláteis *read-only memory* (ROM), *erasable programmable read-only memory* (EPROM) e *electrically erasable programmable read-only memory* (EEPROM);
- microcomponentes: microprocessadores (*microprocessor unit* – MPU), microcontroladores (*microcontroller unit* – MCU) e *digital signal processors* (DSP);
- dispositivos despadronizados ou sob encomenda: *application specific integrated circuits* (ASIC) e *application specific standard products* (ASSP).
- sensores e atuadores de temperatura, pressão etc.; e
- optoeletrônicos: dispositivos *laser*, sensores de imagem, *light emitting diodes* (LED), fotodetectores e células solares.

Em relação à classificação, os componentes discretos e os optoeletrônicos equivalem à posição 41 do capítulo 85⁴⁵ do Sistema Harmonizado, e os CIs equivalem à posição 42 do mesmo capítulo.⁴⁶ Na Classificação Nacional das Atividades Econômicas (Cnae) 2.0, a indústria de semicondutores é parte integrante do grupo 261 (Fabricação de componentes eletrônicos) da divisão 26 (Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos). Salienta-se que o grupo 261 não inclui apenas componentes semicondutores, mas também componentes passivos.

⁴⁴ As memórias voláteis mantêm a informação armazenada apenas na presença de alimentação elétrica, enquanto as não voláteis mantêm a informação mesmo quando o aparelho está desligado.

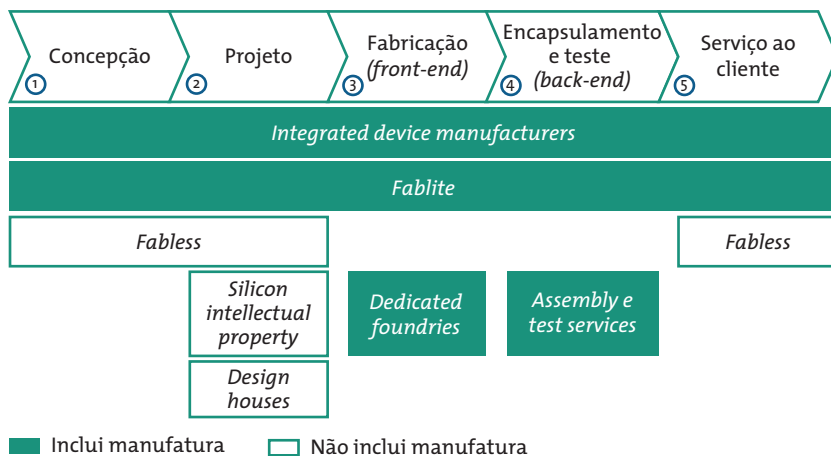
⁴⁵ 85.41: Diodes, transistors and similar semiconductor devices; photosensitive semiconductor devices, including photovoltaic cells whether or not assembled in modules or made up into panels; light emitting diodes; mounted piezoelectric crystals.

⁴⁶ 85.42: Electronic integrated circuits.

A produção de um CI, que pode ser tomado como o produto representativo do setor, pode ser dividida em cinco etapas, como mostra a Figura 3:

- concepção do produto, que pode ou não ser realizada em conjunto com o fabricante do bem final e que é a etapa na qual são definidas as funcionalidades do *chip*;
- projeto ou *design* do componente;
- fabricação do componente, ou *front-end*;⁴⁷
- teste, afinamento, corte e encapsulamento/montagem do componente, ou *back-end*; e
- serviço ao cliente.

Figura 3. Cadeia produtiva e modelos de negócios da indústria de semicondutores



Fonte: Adaptado de Gutierrez e Leal (2004).

⁴⁷ A etapa de fabricação, por sua vez, é dividida em front-end of the line, etapa na qual cada dispositivo (de forma geral, transistores, mas também capacitores e outros dispositivos) são produzidos, e back-end of the line, etapa na qual os dispositivos são interconectados.

Com base na fragmentação da produção nas cinco etapas descritas, as empresas do setor podem adotar variados modelos de negócios, quais sejam:

- Fabricantes integrados ou, no original, *integrated device manufacturers* (IDM): realizam todas as etapas da produção do CI, e o produto leva a sua marca. As principais IDMs no mundo são a Intel Corporation (EUA), a Samsung Electronics (Coreia do Sul) e a Micron Technology (EUA).
- Empresas sem fábrica ou *fabless*: realizam todas as etapas, exceto as que envolvem manufatura (*front-end* e *back-end*), que são terceirizadas e detêm a marca do produto. As principais empresas *fabless* no mundo são a Qualcomm (EUA), a Broadcom (EUA) e a AMD (EUA).
- Empresas *fablite*: realizam todas as etapas de produção de CIs em determinadas geometrias e terceirizam a fabricação de CIs em outras geometrias, geralmente menores e mais modernas. Esse modelo também pode ser identificado como *fabless with manufacturing capability*. As principais empresas *fablite* são a Texas Instruments (TI) (EUA), a NXP (Países Baixos) e a Infineon Technologies (Alemanha).
- Fabricantes dedicadas ou *dedicated foundries* ou *pure-play foundries*: realizam apenas a etapa de fabricação (*front-end*) sob contratação de outras empresas. As principais *dedicated foundries* no mundo são a Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) (Taiwan), a Globalfoundries (EUA) e a UMC (Taiwan).
- Encapsuladoras ou *packaging companies* ou *assembly and test service providers*: realizam uma ou mais fases da etapa de *back-end*. As principais empresas independentes de *back-end* são a Advanced Semiconductor Engineering (ASE)

(Taiwan), a Amkor Technology (EUA) e a Siliconware Precision Industries (SPIL) (Taiwan).

- Empresas de projeto independentes ou DH: são contratadas por outras empresas (IDMs, empresas *fablites* ou empresas *fabless*) para realizar apenas a etapa de *design* do componente e não imprimem a sua marca no produto final.⁴⁸
- Empresas de propriedade intelectual em silício (SIP) ou *silicon intellectual property companies*: desenvolvem bibliotecas de células para o *design* de componentes e as vendem ou licenciam para IDMs, empresas *fablites*, empresas *fabless* ou DH. As principais SIPs são a Synopsys (EUA), a ARM Holdings (Inglaterra), a Rambus (EUA) e a MIPS Technologies (EUA).

É possível integrar à cadeia produtiva apresentada na Figura 3: (i) as empresas que atuam como fornecedores de matérias-primas, equipamentos e serviços; (ii) as instituições que fornecem infraestrutura, de conhecimento (universidades e centros de P&D), de serviços públicos (energia e água) ou de logística; e (iii) as empresas que compram os componentes semicondutores. Bampi (2008/2009, p. 126) denomina essa cadeia produtiva ampliada de “ecossistema produtivo e tecnoló-

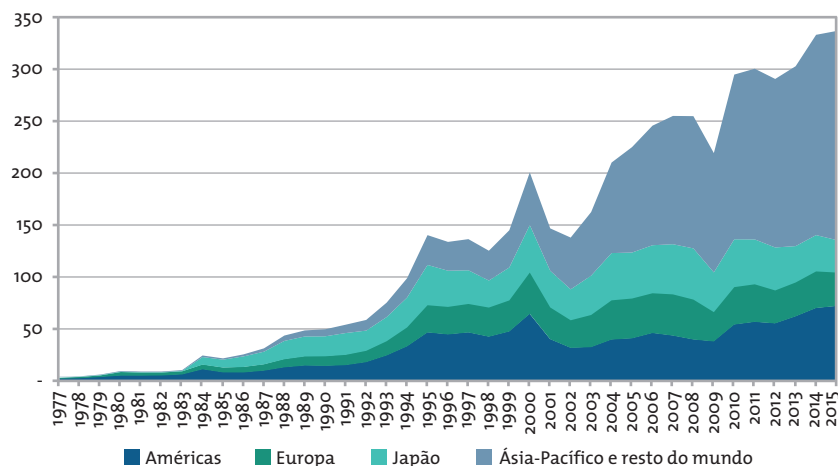
⁴⁸ É fundamental salientar as diferenças entre empresas *fabless* e DHs. De acordo com Gutierrez e Mendes (2009, p. 174), “partindo de uma pequena soma de capital é possível estruturar-se uma design house (DH), a qual precisará de uma pequena infraestrutura, ferramentas de projeto e alguns técnicos. Seu negócio possivelmente será a simples prestação de serviços de projeto a empresas *fabless*, IDMs ou fabricantes de bens eletrônicos em busca de diferenciação para os seus produtos. A DH será remunerada pelos seus serviços. A marca a ser impressa nos CIs será a do cliente, que se responsabilizará pela fabricação dos componentes em volume, seja em instalações próprias, seja terceirizando esse serviço”. Por outro lado, “o volume de recursos necessários para a estruturação de uma *fabless* [...] é bem maior, não somente para comandar toda uma cadeia de fornecedores, incluindo a administração de estoques, como para a realização do projeto. É importante observar que os custos associados ao desenvolvimento de um chip são incorridos antes do seu lançamento e amortizados paulatinamente, durante o período normal de vendas ao cliente” (GUTIERREZ; MENDES, 2009, p. 174).

gico” e afirma que “a especialização e a complexidade [desse] ecossistema são em grau muito maior que aquela da indústria de bens finais [eletrônicos]”. A respeito da interação entre os diversos atores presentes nesse ecossistema, Gutierrez e Mendes (2009, p. 170, grifos nossos) afirmam que “essa cooperação entre diferentes etapas e atores da cadeia de valor de um CI é um dos pontos relevantes para explicar por que *essa indústria aumenta seu potencial de sucesso quando desenvolve um ecossistema completo*”. Além disso, as autoras salientam que “[...] todo o desenvolvimento de CI deve ter como alvo a sua fabricação, como materialização do que foi especificado. Isso *requer grande interação entre projeto e fabricação*, ou seja, trazer para o projeto a realidade da fábrica” (GUTIERREZ; MENDES, 2009, p. 172, grifos nossos). Bampi (2008/2009) salienta também a relação de simbiose e aprendizado constante entre as empresas produtoras de componentes e as empresas que projetam os bens finais.

3.2 Organização setorial e distribuição geográfica

O faturamento anual da indústria mundial de semicondutores cresceu, em 2015, 1,1% em relação ao ano anterior, atingindo US\$ 337,3 bilhões. No início de 2015, a expectativa era de que o setor crescesse mais e ultrapassasse a barreira dos US\$ 350 bilhões, o que só deve acontecer no primeiro semestre de 2017, de acordo com a estimativa mais recente (WSTS, 2015b). Como pode ser visto na Figura 4, a marca de US\$ 300 bilhões foi ultrapassada em 2011, quando o setor se recuperou da crise mundial que havia derrubado o faturamento a partir da metade de 2008. No entanto, o setor enfrentou uma nova crise em 2012 e voltou a atingir a marca de US\$ 300 bilhões em 2013.

Figura 4. Faturamento da indústria mundial de semicondutores, 1977-2015 (US\$ bilhões correntes)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados da SIA, disponíveis em: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/GSR1976-February-2016.xls>. Acesso em: 12 abr. 2016.

O crescimento lento do setor em 2015 contrasta com o crescimento acelerado em 2013 e 2014 (4,2% e 10,0%, respectivamente) e com a média histórica de crescimento que é de 12,2% entre 1977 e 2015 (GSA;⁴⁹ SIA;⁵⁰ WSTS, 2015a). A taxa anual de crescimento da indústria de semicondutores, apesar da elevada média histórica, tem um comportamento extremamente volátil, como pode ser visto na Figura 5. Entre 1978 e 2015, a taxa de crescimento anual foi negativa oito vezes e ultrapassou a marca de 35% ao ano seis vezes.

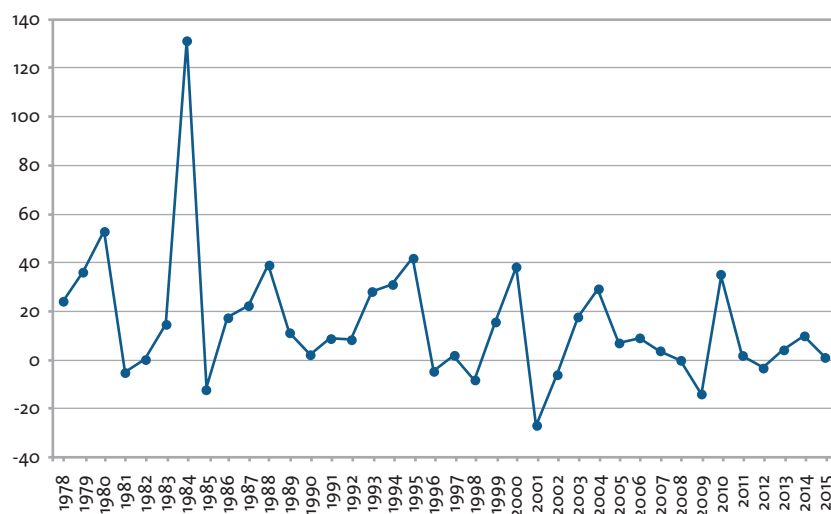
Em relação aos CIs, a previsão da IC Insights era de que o mercado atingiria US\$ 310,5 bilhões em 2015. No entanto, a taxa anual es-

⁴⁹ Dados da Global Semiconductor Alliance (GSA), disponíveis em: <http://www.gsaglobal.org/>. Acesso em: 12 abr. 2016.

⁵⁰ Dados da Semiconductor Industry Association (SIA), disponíveis em <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/GSR1976-February-2016.xls>. Acesso em: 12 abr. 2016.

perada de crescimento do setor nos próximos anos deve ficar abaixo da taxa anual média de crescimento nos últimos trinta anos, que foi de 9%. A Figura 6 ilustra a dimensão do mercado de CIs (em US\$ bilhões) no início e no fim das décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 e a taxa média anual de crescimento em cada uma das décadas.⁵¹

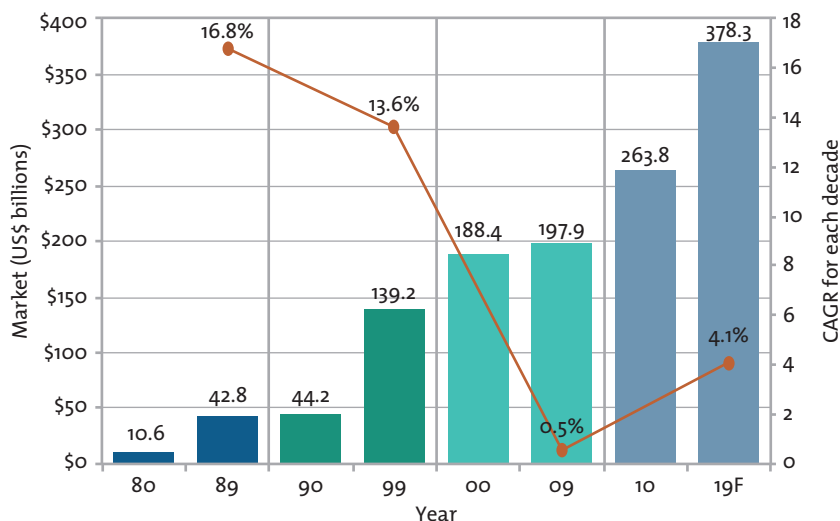
Figura 5. Taxa de crescimento anual do faturamento da indústria mundial de semicondutores, 1978-2015



Fonte: Elaboração própria, com base em dados da SIA, disponíveis em: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/GSR1976-February-2016.xls>. Acesso em: 12 abr. 2016.

⁵¹ Diversas figuras apresentadas neste trabalho foram reproduzidas tais como estavam na fonte original, em inglês. Infelizmente, não foi possível traduzi-las e adaptá-las, como seria de praxe, porque elas não forneciam elementos suficientes.

Figura 6. Mercado de circuitos integrados, 1980-2019: tamanho do mercado (US\$ bilhões) – eixos esquerdo – e taxas de crescimento anual por década – eixo direito



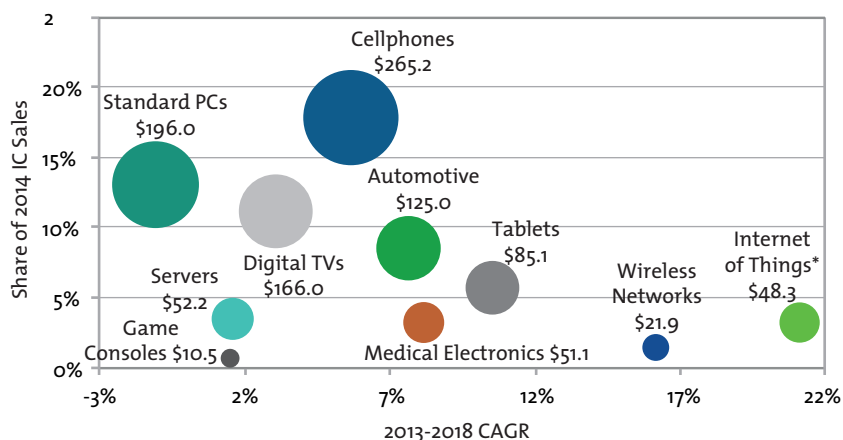
Fonte: IC Insights (2015d).

De acordo com IC Insights (2015d), o mercado de CIs apresentou uma taxa média de crescimento anual elevada nos anos 1980 (16,8%) em função da grande demanda por memórias DRAM propiciada pelo surgimento do computador pessoal. Já nos anos 1990, o crescimento elevado (13,6% ao ano) atribuiu-se à intensa competição entre Intel e AMD no mercado de MPU e ao lançamento de novos sistemas operacionais pela Microsoft, o que aquecia a demanda por memórias DRAM. Nos anos 2000, duas recessões (2001 e 2008) prejudicaram o setor, cujo crescimento anual médio foi próximo a zero. O baixo crescimento foi um dos motivadores do processo de consolidação das empresas dessa indústria que se iniciou a partir de então. Já 2010 foi um ano importante na recuperação da indústria de CIs, com crescimento de 33,0% em relação ao ano anterior. A taxa de crescimento anual para o

período 2010-2019, porém, deve ficar em 4,1%, sendo alavancada principalmente pelos segmentos de comunicações e *internet of things* (IoT), como será visto a seguir.

Em relação aos mercados consumidores de CIs, a Figura 7 exibe os 11 principais segmentos, que compreenderam cerca de 80% das vendas de CIs em 2014. Nota-se que o segmento de computadores, tradicional líder no consumo desses componentes, foi ultrapassado pelo segmento de celulares. O segmento de computadores representou, em 2014, 21% do mercado total de CIs, com crescimento anual médio esperado de 1,5% entre 2013 e 2018. O segmento de celulares, por sua vez, representou 25% das vendas de CIs e tem um crescimento anual médio esperado de 8,7%. Verifica-se, além disso, que o segmento de IoT, apesar de ainda ser um mercado consumidor pequeno (US\$ 3,3 bilhões), tem a maior taxa de crescimento anual esperada entre 2013 e 2018 (22,3%).

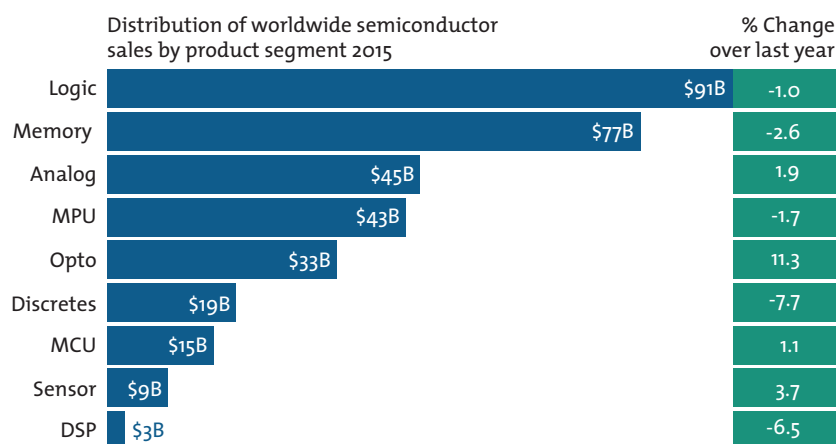
Figura 7. Mercados consumidores de circuitos integrados, 2014, e expectativas de crescimento, 2013-2018: tamanho dos mercados (US\$ bilhões) – rótulos –, participação no setor – eixo vertical – e taxas de crescimento anuais esperadas – eixo horizontal



Fonte: IC Insights (2015b).

Quanto aos segmentos de produtos da indústria de semicondutores, a Figura 8 mostra que o maior segmento é o de circuitos lógicos, cujas vendas decresceram 1,0% em 2015 e somaram US\$ 91 bilhões. O segundo maior segmento foi o de memórias, que apresentou queda de 2,6% em 2015. Outros segmentos com queda nas vendas em 2015 foram o de MPU (-1,7%), o de semicondutores discretos (-7,7%) e o de processadores de sinal digital (-6,5%). Entre os segmentos que cresceram em 2015, merecem destaque o de optoeletrônicos, que cresceu 11,3%, e o de sensores, que cresceu 3,7%.

Figura 8. Distribuição das vendas da indústria de semicondutores por segmentos de produtos, 2015: vendas por segmento (US\$ bilhões) – azul – e taxa de crescimento em relação ao ano anterior – verde



Fonte: SIA (2016).

Na análise por empresa, a Tabela 1 mostra a evolução da lista dos dez maiores *players* da indústria de semicondutores de acordo com a sua receita de vendas em 1985, 1990, 1995, 2000 e no período 2005-2015. Essa lista não leva em consideração as *dedicated foundries*. A Figura 9, por sua vez, compara o faturamento das dez maiores empresas com o faturamento total da indústria de semicondutores nesse mesmo período, evidenciando o grau de concentração do setor.

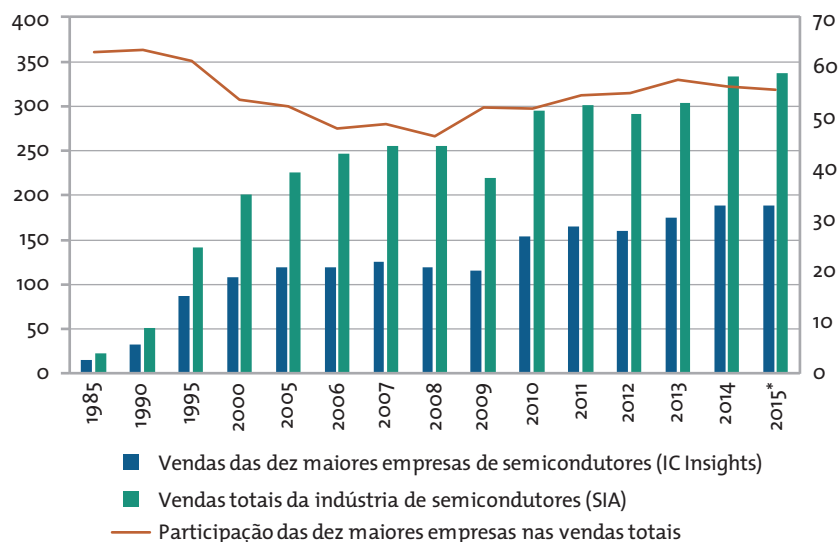
Tabela 1. Líderes em vendas na indústria de semicondutores, 1985-2015:
vendas das dez maiores empresas (US\$ bilhões)

Posição		1985		1990		1995		2000		2005	
1		NEC	2,1	NEC	4,8	Intel	13,6	Intel	29,7	Intel	35,4
2		TI	1,8	Toshiba	4,8	NEC	12,2	Toshiba	11,0	Samsung	17,8
3		Motorola	1,8	Hitachi	3,9	Toshiba	10,6	NEC	10,9	TI	11,3
4		Hitachi	1,7	Intel	3,7	Hitachi	9,8	Samsung	10,6	Toshiba	9,0
5		Toshiba	1,5	Motorola	3,0	Motorola	8,6	TI	9,6	ST	8,9
6		Fujitsu	1,1	Fujitsu	2,8	Samsung	8,4	Motorola	7,9	Renesas	8,3
7		Philips	1,0	Mitsubishi	2,6	TI	7,9	ST	7,9	Hynix	5,6
8		Intel	1,1	TI	2,5	IBM	5,7	Hitachi	7,4	Freescall	5,6
9		National	1,0	Philips	1,9	Mitsubishi	5,1	Infineon	6,8	NEC	5,6
10		Matsushita	0,9	Matsushita	1,8	Hyundai	4,4	Philips	6,3	Philips	5,2
Posição		2006		2007		2008		2009		2010	
1		Intel	31,6	Intel	35,0	Intel	34,5	Intel	32,3	Intel	40,2
2		Samsung	19,7	Samsung	20,0	Samsung	20,3	Samsung	31,3	Samsung	32,5
3		TI	13,7	TI	13,3	TI	11,6	TI	9,7	TI	13,0
4		Toshiba	10,0	Toshiba	11,9	Toshiba	10,4	Renesas	9,6	Toshiba	13,0
5		ST	9,9	Hynix	9,2	ST	10,3	Toshiba	9,5	Renesas	11,7
6		Renesas	8,2	ST	8,6	Renesas	7,0	ST	8,5	Hynix	10,4
7		Hynix	7,4	Renesas	8,0	Qualcomm	6,5	Qualcomm	6,4	ST	10,3
8		Freescall	6,1	Sony	7,2	Sony	6,4	Hynix	6,3	Micron	9,1
9		NXP	5,9	NXP	6,0	Hynix	6,2	Micron	5,5	Qualcomm	7,2
10		NEC	5,7	AMD	6,0	Infineon	5,9	AMD	5,4	Broadcom	6,6
Posição		2011		2012		2013		2014		2015	
1		Intel	49,7	Intel	49,1	Intel	48,3	Intel	51,4	Intel	50,3
2		Samsung	33,5	Samsung	32,3	Samsung	34,4	Samsung	37,8	Samsung	41,3
3		TI	12,9	Qualcomm	13,2	Qualcomm	17,2	Qualcomm	19,3	SK Hynix	16,9
4		Toshiba	12,7	TI	12,1	Micron	14,4	Micron	16,7	Qualcomm	15,6
5		Renesas	10,7	Toshiba	11,1	SK Hynix	13,0	SK Hynix	16,3	Micron	14,8
6		Qualcomm	9,8	Renesas	9,3	Toshiba	12,0	TI	12,2	TI	12,1
7		ST	9,6	SK Hynix	9,1	TI	11,5	Toshiba	11,0	Toshiba	9,7
8		SK Hynix	9,4	ST	8,4	Broadcom	8,2	Broadcom	8,4	Broadcom	8,4
9		Micron	8,6	Micron	7,9	ST	8,0	ST	7,4	Avago	7,0
10		Broadcom	7,2	Broadcom	7,8	Renesas	8,0	Renesas	7,3	Infineon	6,9

Fonte: Adaptado de IC Insights (2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015a; 2015c); Mahon (2009); Nikkei Technology (2007); e Shen (2009).

Notas: 1. Não inclui dedicated foundries. 2. Os valores de 2015 são uma previsão.

Figura 9. Participação das empresas líderes em vendas na indústria de semicondutores, 1985-2015: vendas das dez maiores empresas e do total da indústria (US\$ bilhões) – eixo esquerdo – e participação das dez maiores empresas no total (%) – eixo direito



Fonte: Elaboração própria, com base em dados da SIA, disponíveis em: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/GSR1976-February-2016.xls>, acesso em: 12 abr. 2016; e IC Insights (2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015a; 2015c).

* Os valores de 2015 para as vendas das dez maiores empresas de 2015 são uma previsão.

Nota-se, em primeiro lugar, que a participação do conjunto das dez maiores empresas no total da indústria de semicondutores apresentava uma trajetória de queda, passando de mais de 60% em 1985, 1990 e 1995 para 47% em 2008. Essa trajetória foi revertida a partir de então, e o grupo voltou a representar mais de 55% do setor em 2012. De acordo com IC Insights (2015a, p. 2):

Como menos fornecedores são capazes de alcançar as economias de escala necessárias para investir e competir com sucesso no setor de semicondutores, espera-se que a participação dos dez maiores no mer-

cado mundial de semicondutores continue a aumentar lentamente nos próximos anos.⁵²

Percebe-se também que 2008 foi o primeiro ano em que uma empresa *fabless* (Qualcomm) figurou entre as dez maiores da indústria de CIs. Em 2010, outra empresa *fabless* (Broadcom) entrou no grupo das dez maiores. Se as *dedicated foundries* fossem incluídas na lista da Tabela 1, a TSMC, cujo faturamento com vendas de semicondutores em 2014 foi de US\$ 24,9 bilhões, estaria na terceira posição.

Mais um ponto a ser observado é a diminuição da quantidade de empresas japonesas entre as dez maiores. Em 1985, havia cinco empresas no grupo: NEC, Hitachi, Toshiba, Fujitsu e Matsushita. Em 1990, com a entrada da Mitsubishi, o número de empresas japonesas no grupo subiu para seis. No entanto, o número foi progressivamente diminuindo e, em 2014, são apenas duas: Toshiba e Renesas. A estimativa da IC Insights no início de 2015 era de que, em função da fusão entre NXP e Freescale, apenas a Toshiba continuasse na lista. “[...] essa é uma grande mudança para um país que antes era temido e reverenciado por sua participação no mercado global de semicondutores”⁵³ (IC INSIGHTS, 2015a, p. 1). A previsão de novembro de 2015 confirmava que apenas a Toshiba permaneceria entre as dez maiores. Contudo, em vez da previsão inicial de que a holandesa NXP e a franco-italiana ST Microelectronics estariam na lista, a previsão de novembro antevia que a americana Avago e a alemã Infineon integrariam a lista. Dessa forma, o *ranking* das dez maiores empresas da indústria de CIs em 2015 deve ser composto por seis americanas (Intel, Qualcomm, Micron Technology, TI, Broadcom e Avago), duas sul-coreanas (Samsung e SK Hynix), uma europeia (Infineon) e uma japonesa (Toshiba).

⁵² “As fewer suppliers are able to achieve the economies of scale needed to successfully invest and compete in the semiconductor industry, it is expected that the top 10 share of the worldwide semiconductor market will continue to slowly increase over the next few years”.

⁵³ “[...] this is a major shift and a big departure for a country that once was feared and revered when it came to its semiconductor sales presence in the global market”.

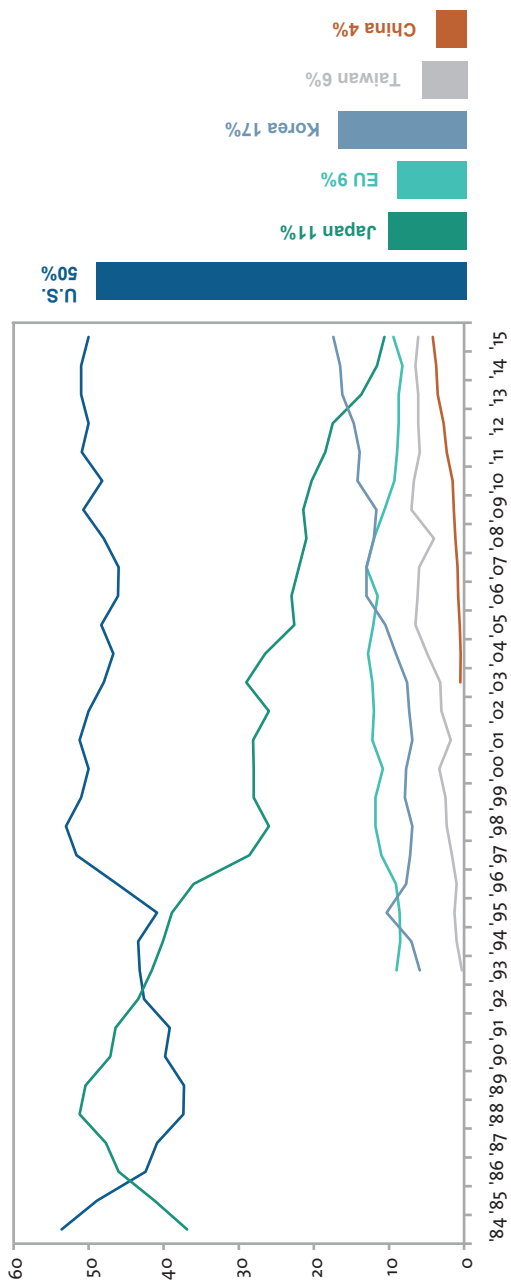
A perda de importância do Japão na indústria de semicondutores é, de fato, surpreendente. Esse setor surgiu nos EUA nas décadas de 1950 e 1960, como será descrito na Seção 3.4, mas, em pouco tempo, o Japão se tornou um ator importante e até ultrapassou o país em *market share* em meados da década de 1980. No início dos anos 1990, os EUA retomaram a liderança, e diversos outros países e regiões adentraram o setor (Europa, Coreia do Sul, Taiwan e China). Como pode ser visto na Figura 10, as empresas sediadas nos EUA predominaram em 2015, com um *market share* de 50%, e o Japão, com *market share* de 11%, foi ultrapassado também pela Coreia do Sul.

A Figura 11 também exibe a distribuição geográfica do setor, mas considera apenas o mercado de CIs e os modelos de negócio IDM e *fabless*. Nesse caso, o *market share* das empresas com sede nos EUA foi de 54% em 2015, enquanto o das empresas sul-coreanas foi de 20% e o das japonesas foi de 8%. Na Coreia do Sul e no Japão, predominam IDMs; em Taiwan e na China, empresas *fabless*; e, nos EUA, há certo equilíbrio entre os dois modelos. Em relação à posição da Europa, IC Insights (2016d, p. 1) afirma que:

As empresas de Taiwan, com a força de suas vendas de circuitos integrados (CI) sem fabricação própria, ultrapassaram as empresas europeias no total de vendas desses produtos, em 2013. No entanto, embora as europeias tivessem cerca de US\$ 1,4 bilhão a menos de CIs em comparação com as empresas de Taiwan no ano passado, elas podem vir a superar as de Taiwan nas vendas deste ano, com a NXP, com sede na Europa, incorporando os US\$ 3,7 bilhões em vendas de CI da Freescale como resultado de sua fusão em dezembro de 2015.⁵⁴

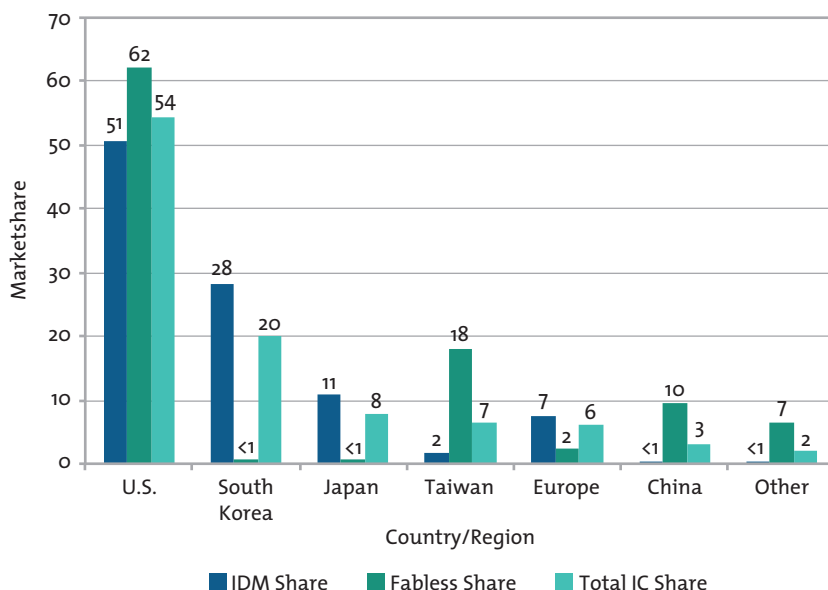
⁵⁴ The Taiwanese companies, on the strength of their fabless company IC sales, first surpassed the European companies in total IC sales share in 2013. However, although the European companies had about \$1.4 billion less in total IC sales as compared to the Taiwanese companies last year, the European companies could surpass the Taiwanese companies in IC sales this year as Europe-headquartered NXP absorbs Freescale's \$3.7 billion in IC sales as a result of their merger in December 2015.

Figura 10. *Market share* das empresas de semicondutores por país-sede da matriz, 1984-2015



Fonte: SIA (2016).

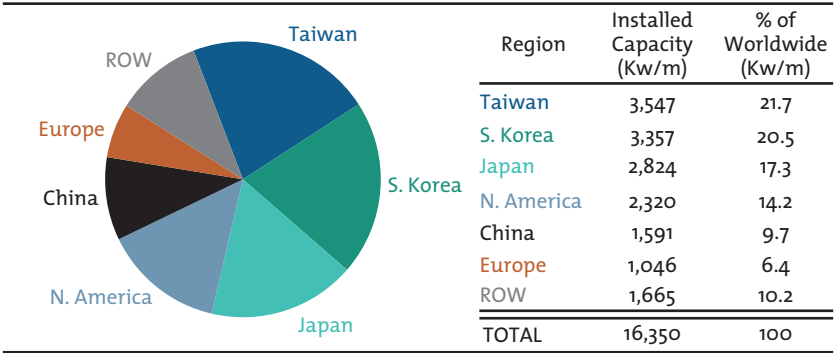
Figura 11. Market share das empresas de circuitos integrados por país-sede da matriz e por modelo de negócios, 2015



Fonte: IC Insights (2016d).

Outra forma ainda de evidenciar a distribuição espacial da indústria de semicondutores no mundo é por meio da capacidade instalada em cada região ou país. Nessa maneira, considera-se a capacidade instalada em cada região ou país, e não o país-sede da empresa. Em 2015, Taiwan ultrapassou a Coreia do Sul e se tornou o país com maior capacidade instalada (3,55 milhões de *wafers* por mês, ou seja, 21,7% da capacidade mundial). A Coreia do Sul ficou em segundo lugar, com uma capacidade de 3,36 milhões de *wafers* por mês, ou seja, 20,5% da capacidade mundial. A Figura 12 mostra que, apesar de empresas americanas predominarem no setor, a capacidade produtiva está concentrada na Ásia (IC INSIGHTS, 2016c).

Figura 12. Capacidade instalada na indústria de semicondutores por região ou país, dez. 2015: capacidade mensal em unidade equivalente a wafers de 200 mm e participação na capacidade instalada mundial



Fonte: IC Insights (2016c).

3.3 Principais tendências tecnológicas e econômicas

Uma das principais características da indústria de dispositivos semicondutores é a rápida evolução tecnológica, cuja principal manifestação é a Lei de Moore. Em 1965, o cofundador da Intel Gordon Moore previu que a densidade de transistores nos CIs iria dobrar aproximadamente a cada dois anos. Para que a densidade aumente, o tamanho do transistor deve diminuir (a uma taxa de aproximadamente $\sqrt{2}$ a cada dois anos), requerendo, assim, o desenvolvimento de novas tecnologias e processos de fabricação – que também são conhecidos como nodos tecnológicos (*fabrication nodes*, em inglês) ou geometrias. Esses novos processos são identificados com base no tamanho de uma das dimensões relevantes de um transistor, o comprimento do canal. De 1970 até hoje, os nodos tecnológicos (e os anos em que foram lançados) são os seguintes: 10 μm (1971), 6 μm (1974), 3 μm (1977), 1,5 μm (1982),

1 μm (1985), 0,8 μm (1989), 0,6 μm (1994), 0,35 μm (1995), 0,25 μm (1997), 0,18 μm (1999), 0,13 μm (2001), 90 nm (2004), 65 nm (2006), 45 nm (2008), 32 nm (2010), 22 nm (2012) e 14 nm (2014).⁵⁵

A Intel Corporation é não somente a empresa líder do setor em vendas desde o início dos anos 1990, como mostrado, mas também a empresa que tem sido a primeira a desenvolver comercialmente esses novos processos. Segundo a direção da empresa, são várias as vantagens em se reduzir o tamanho dos transistores:

A cada nova geração de tecnologia de processo, usamos menos espaço por transistor, o que nos permite colocar mais transistores em um chip de tamanho equivalente, diminuir o tamanho do chip ou oferecer mais recursos incorporados. Isso pode resultar em microprocessadores mais rápidos ou produtos que consomem menos energia, custam menos para fabricar, têm melhor desempenho ou oferecem mais recursos⁵⁶ (INTEL, 2004, p. ii).

Além disso, de acordo com Heck, Kaza e Pinner (2011, p. 5), “grande parte do formidável crescimento observado na indústria eletrônica nas últimas três décadas vem diretamente do aumento da capaci-

⁵⁵ Os nodos tecnológicos são definidos por www.itrs.net/home.html, com base no processo litográfico usado para fabricar o dispositivo. No entanto, algumas fábricas desenvolvem novas tecnologias de fabricação para diminuir o tamanho do transistor usando o processo litográfico do nodo anterior e, portanto, não avançando para o próximo nodo. Esses novos processos e as dimensões resultantes são chamados de nodos intermediários (ou half-nodes, em inglês). Os nodos intermediários mais recentes são 28 nm (entre 32 nm e 22 nm), 20 nm (entre 22 nm e 14 nm) e 16 nm (também entre 22 nm e 14 nm).

⁵⁶ With each new generation of process technology, we use less space per transistor, which allows us to place more transistors on an equivalent size chip, decrease the size of the chip or offer more integrated features. This can result in faster microprocessors, or products that consume less power, cost less to manufacture, have better performance or offer more capabilities.

dade e da diminuição do preço dos semicondutores, uma consequência da Lei de Moore”.⁵⁷

Salienta-se, entretanto, que a Lei de Moore não é uma lei, mas apenas uma regra de bolso que dita o ritmo da inovação na indústria de semicondutores.

Verdade seja dita, a Lei de Moore nunca foi nada além de uma regra geral para determinar metas de manufatura. Como tal, serviu como um metrônomo que ajudou a Intel a definir o ritmo dos lançamentos de produtos e, assim, incentivar os fabricantes de computadores a voltar a cada dois anos para adquirir processadores cada vez mais poderosos. Goste-se ou não, o resto da indústria de chips, geralmente uma ou duas gerações atrás, foi obrigado a seguir o exemplo⁵⁸ (THE ECONOMIST, 2015b).

Assim, ainda que a Lei de Moore dite um ritmo de inovação tecnológica no qual novas tecnologias são lançadas mais ou menos a cada dois anos, a disseminação dos novos nodos tecnológicos pela indústria depois do seu lançamento leva algum tempo. A Tabela 2 evidencia como evoluiu a participação de três nodos intermediários no faturamento de três *dedicated foundries* entre 2011 e 2014. A TSMC, que é a principal *dedicated foundry* no mundo hoje, começou a produzir *chips* utilizando o nodo de 28 nm no terceiro trimestre de 2011. No quarto trimestre de 2012, *chips* produzidos com essa tecnologia já representavam

⁵⁷ “much of the tremendous growth seen in the electronics industry over the last three decades comes directly from the increasing power and decreasing price of semiconductors, a function of Moore’s Law”.

⁵⁸ If truth be told, Moore’s law was never anything more than a rule of thumb for scheduling manufacturing targets. As such, it served as a metronome that helped Intel set the tempo of product announcements – and thereby encourage computer-makers to keep coming back every couple of years for increasingly powerful processors. Like it or not, the rest of the chip industry, usually a generation or two behind, was obliged to follow suit.

mais de 20% do faturamento da empresa, e os *chips* produzidos com a tecnologia anterior, de 40 nm, vinham perdendo importância. No quarto trimestre de 2013, a tecnologia de 20 nm foi introduzida, passando a ser responsável por mais de 20% do faturamento da empresa um ano depois. Cabe notar que a UMC adotou a tecnologia de 28 nm mais de dois anos depois da TSMC, e a SMIC, três anos depois. Além disso, enquanto os nodos mais avançados representavam quase 65% do faturamento da TSMC no fim de 2014, a UMC e a SMIC ainda não haviam adotado o nodo de 20 nm, e os nodos de 40 nm e 28 nm eram responsáveis por 29% e 11% do faturamento de cada empresa, respectivamente.

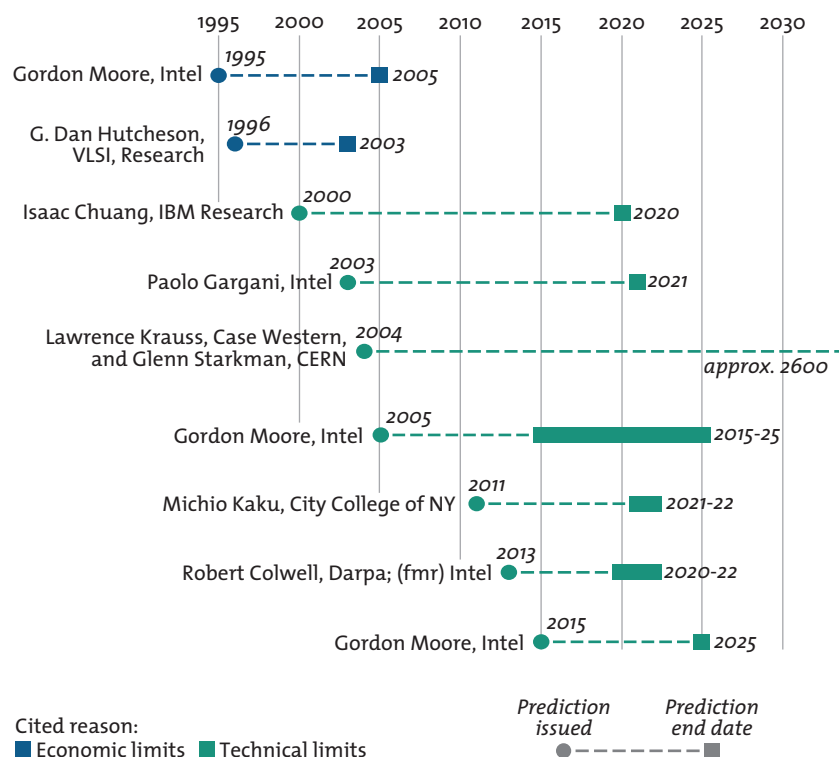
Tabela 2. Adoção de novos nodos tecnológicos em *dedicated foundries* selecionadas, 2011-2014: contribuição de cada nodo para o faturamento total da empresa (%)

Empresa e nodo tecnológico		2011				2012				2013				2014			
		1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
Taiwan Semiconductor Manufacturing Company	40 nm	22	26	27	27	32	28	27	22	23	21	20	17	21	19	17	13
	28 nm	–	–	<1	2	5	7	13	22	24	29	32	34	33	34	34	30
	20 nm	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	<1	<1	9	21
United Microelectronics Corporation	40 nm	6	6	6	7	9	9	13	15	18	20	20	24	20	21	24	23
	28 nm	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	<1	1	3	6
SMIC	40 nm	–	–	–	–	<1	<1	1	3	6	10	16	16	10	13	10	10
	28 nm	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	<1

Fonte: IC Insights (2015f).

Outra consideração importante sobre a Lei de Moore diz respeito aos seus limites. Em função dos desafios técnicos e econômicos impostos pela contínua redução do tamanho dos transistores, muitos analistas vêm afirmando que a Lei de Moore está chegando ao fim. Algumas dessas previsões podem ser vistas na Figura 13. O próprio Moore acreditava ainda em 1995 que a sua lei chegaria ao fim em 2005. À medida que os anos foram passando e os desafios foram sendo superados, ele atualizou sua previsão.

Figura 13. Algumas previsões sobre o fim da Lei de Moore, data em que foi feita a previsão e data prevista para o fim da Lei de Moore: fatores econômicos – azul – e fatores técnicos – verde



Fonte: *The Economist* (2015a).

De fato, as dimensões críticas dos transistores não poderão diminuir para sempre e já estão próximas ao tamanho de átomos – 14 nm representam um comprimento de aproximadamente setenta átomos de silício. Entretanto, novas técnicas – por exemplo, arquitetura tridimensional e novos materiais – têm sido desenvolvidas para permitir que o processo de redução do tamanho continue. Além disso, é preciso lembrar que “*Moore’s law has always been as much about reducing the cost of transistors as about increasing performance*”

(THE ECONOMIST, 2015b). À medida que o tamanho do transistor diminui, há mais transistores por *chip* e por *wafer*, o que faz o custo por transistor diminuir. Essa tendência, entretanto, foi interrompida no nodo de 28 nm, pois as geometrias seguintes começaram a apresentar uma taxa maior de *chips* defeituosos por *wafer*, ou seja, uma taxa de rendimento menor. Segundo The Economist (2015b), é possível que a Lei de Moore se concentre agora em reduzir os custos dos processos de manufatura mais recentes, em vez de continuar o processo de redução das dimensões críticas.

Enquanto isso, o período de cinquenta anos de redução dos custos de semicondutores por meio de melhorias no know-how de fabricação está prestes a ser substituído por uma nova era de fabricar chips mais baratos, mais rápidos e melhores por meio de um design mais inteligente, incluindo sistemas em um chip. Ao fazer isso, a Lei de Moore poderia ter um novo *soporo de vida*⁵⁹ (THE ECONOMIST, 2015b).

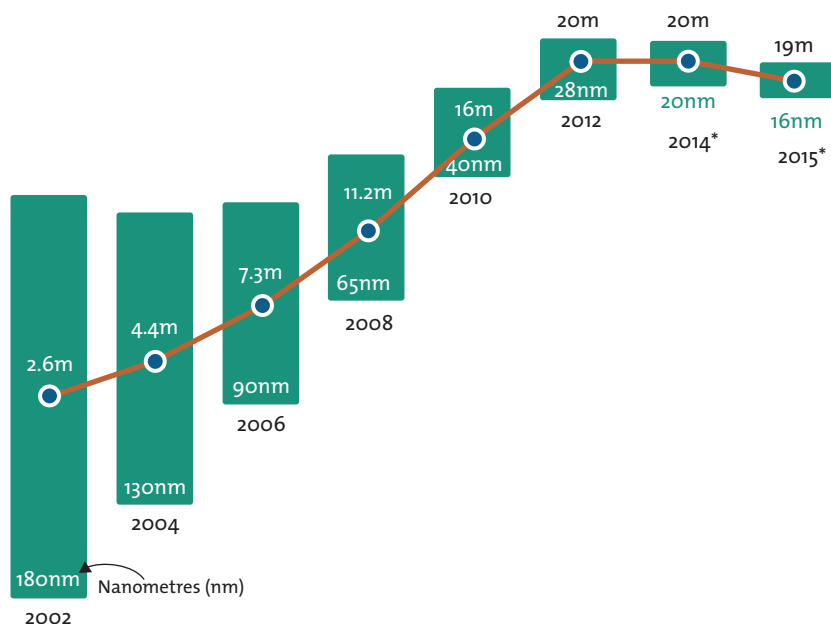
O aspecto econômico da Lei de Moore está ilustrado na Figura 14. Em 2002, US\$ 1,00 comprava 2,6 milhões de transistores de 180 nm. Em 2012, US\$ 1,00 comprava 20 milhões de transistores de 28 nm. A previsão era de a tendência se reverter nos nodos tecnológicos seguintes, como dito.

Quer o custo por transistor diminua ou não, reduzir continuamente o tamanho dos transistores e aumentar a eficiência dos processos produtivos exige gastos crescentes em P&D. Em 2014, esses gastos atingiram US\$ 56 bilhões, ou seja, 15% da receita de vendas do setor. “Apesar das oscilações verificadas com o caráter cíclico do negócio,

⁵⁹ In the meantime, the 50-year era of pushing down semiconductor costs through improvements in manufacturing know-how is about to be superseded by a new age of making chips cheaper, faster and better through smarter design, including systems on a chip. In so doing, Moore’s law could get a new lease of life.

este patamar de investimentos é indispensável para as empresas sobreviverem em um mercado altamente inovador e competitivo” (BAMPI, 2008/2009, p. 133).

Figura 14. Evolução do tamanho dos transistores e da quantidade de transistores que pode ser comprada com US\$ 1, 2002-2015

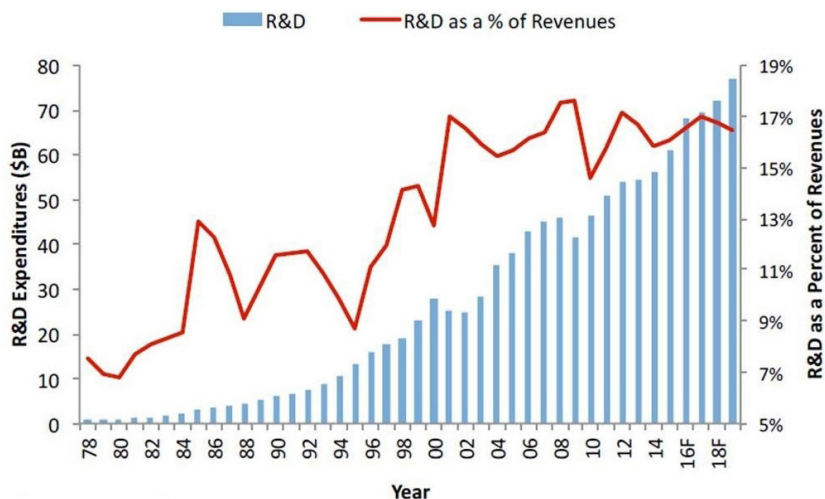


Fonte: *The Economist* (2013).

*Os dados de 2014 e 2015 são previsões.

A Figura 15 expõe o gasto total com P&D da indústria de semicondutores com base em uma perspectiva histórica. Percebe-se não apenas que o gasto total cresceu no período, mas também que ele cresceu de maneira mais estável do que a receita do setor, caindo somente nas crises de 2001 e 2008. Como resultado, o percentual de gasto com P&D em relação à receita foi bastante instável no período.

Figura 15. Investimento em pesquisa e desenvolvimento na indústria de semicondutores, 1978-2019 (US\$ bilhões – eixo esquerdo – e como percentual da receita – eixo direito)



Fonte: IC Insights (2015f).

Nota: Realizado até 2015 e previsão para 2016-2019.

A Tabela 3 mostra as dez empresas que mais gastaram com P&D em 2014, assim como os seus respectivos gastos em 2013 e 2014. Cinco dessas empresas são americanas (Intel, Qualcomm, Broadcom, Micron Technology e Nvidia), duas são taiwanesas (TSMC e MediaTek), uma é sul-coreana (Samsung), uma é japonesa (Toshiba) e uma é europeia (ST Microelectronics). Cinco dessas empresas são IDMs (Intel, Samsung, Toshiba, ST Microelectronics e Micron Technology), quatro são empresas *fabless* (Qualcomm, Broadcom, MediaTek e Nvidia) e apenas uma é *dedicated foundry* (TSMC).

Tabela 3. Líderes em investimento em pesquisa e desenvolvimento na indústria de semicondutores, 2013-2014: vendas e gastos (US\$ bilhões)

Empresa	2013				2014			
	Vendas (A)	Gastos com P&D (B)	B/A (%)	Posição	Vendas (A)	Gastos com P&D (B)	B/A (%)	Posição
Intel	48,3	10,6	22,0	1	51,4	11,5	22,4	1
Qualcomm	17,2	3,4	19,7	2	19,3	5,5	28,5	2
Samsung	34,4	2,8	8,2	3	37,8	3,0	7,8	3
Broadcom	8,2	2,5	30,2	4	8,4	2,4	28,2	4
TSMC	19,9	1,6	8,1	7	25,0	1,9	7,5	5
Toshiba	12,0	2,0	17,1	5	11,0	1,8	16,5	6
ST	8,0	1,8	22,7	6	7,4	1,5	20,6	7
Micron	14,3	1,5	10,4	9	16,8	1,4	8,5	8
MediaTek + MStar	5,7	1,1	19,4	14	7,0	1,4	20,0	9
Nvidia	3,9	1,3	33,9	10	4,3	1,4	31,3	10
Total top 10	172,0	28,7	16,7	-	188,5	31,8	16,9	-

Fonte: Adaptado de IC Insights (2015g).

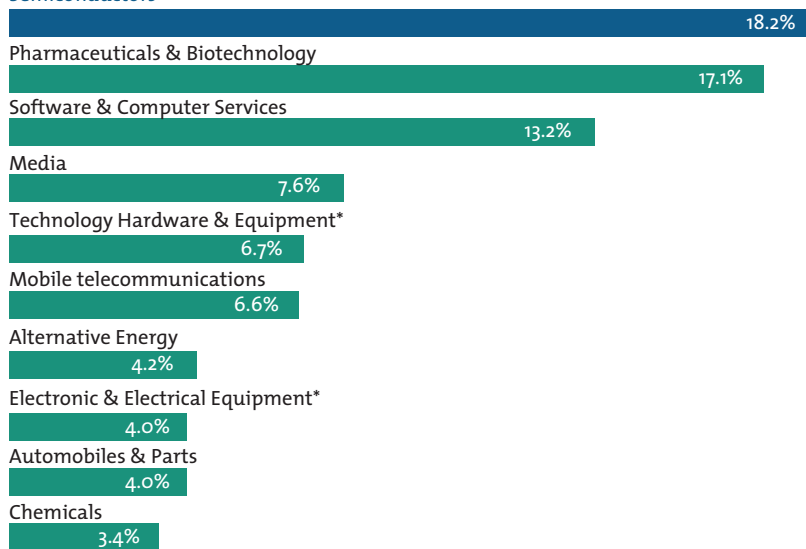
Com base nesses dados é possível notar, em primeiro lugar, que esse conjunto de dez empresas investiu US\$ 31,8 bilhões em P&D em 2014, o que equivale a 16,9% da receita com vendas dessas empresas e a mais da metade do montante total investido pela indústria de CIs em P&D. Em segundo lugar, a Intel foi a empresa que mais investiu em P&D em 2014 (US\$ 11,5 bilhões), e os seus gastos com essa atividade correspondem a mais do que o dobro da segunda colocada. Terceiro, de acordo com IC Insights (2015g), tanto a Intel quanto a Samsung, as duas maiores IDMs, se esforçam para desenvolver e dominar os processos produtivos mais avançados. No entanto, as despesas com P&D da Intel são muito maiores que as da Samsung e representam uma porção maior da sua receita com vendas (22,4% contra 7,8%). “Isso se deve em parte à capacidade da Samsung de manter baixos alguns custos ao participar da aliança de desenvolvimento conjunto da Plataforma Comum da IBM, que também

inclui a GlobalFoundries como parceira de P&D”⁶⁰ (IC INSIGHTS, 2015g, p. 1). Por fim, as empresas que mais investiram em P&D como proporção da sua receita com vendas foram as empresas *fabless* americanas: Nvidia (31,3%), Qualcomm (28,5%) e Broadcom (28,2%).

O patamar de gasto com P&D em relação à receita da indústria de semicondutores é o maior entre todos os setores da indústria manufatureira, como pode ser visto na Figura 16. Segundo IC Insights (2015g, p. 1), “mais do que qualquer outro setor, o negócio de semicondutores é definido por rápidas mudanças tecnológicas. Como resultado, um nível constante e alto de investimento em P&D é essencial para manter competitivos os fornecedores de semicondutores”.⁶¹

Figura 16. Gasto em pesquisa e desenvolvimento como percentual da receita em setores selecionados da indústria manufatureira, 2015

Semiconductors



Fonte: SIA (2016).

* Excluding semiconductors.

⁶⁰ “This is partly due to Samsung’s ability to hold down some costs by participating in IBM’s Common Platform joint development alliance, which also includes GlobalFoundries as an R&D partner”.

⁶¹ “more than any other industry, the semiconductor business is defined by rapid technological change. As a result, a constant and high level of investment in R&D is essential to the competitive positions of semiconductor suppliers”.

Lembra-se que a rápida evolução tecnológica, que é característica da indústria de semicondutores, não se traduz apenas em redução da geometria dos transistores. Todas as etapas do processo de fabricação precisam ser aprimoradas e otimizadas. Algumas etapas necessitam ser radicalmente alteradas para resolver problemas que surgem com a redução da geometria e permitir o seu avanço. A Figura 17 ilustra esses avanços com base na evolução das tecnologias utilizadas pela Intel (metal usado nas interconexões, dielétrico intermetálico, arquitetura do transistor, dielétrico de porta, eletrodo de porta, canal, litografia e tamanho do *wafer*, respectivamente).

Figura 17. Evolução da tecnologia utilizada pela Intel, 1993-2014

Process Year Node	P852 1993 0.5μ	P854 1995 0.35μ	P856 1997 0.25μ	P858 1999 0.18μ	PX60 2001 0.13μ	P1262 2003 90nm	P1264 2005 65nm	P1266 2007 45nm	P1268 2009 32nm	P1270 2011 22nm	P1272 2014 14nm
Metal	Al	→	→	→	Cu	→	→	→	→	→	→
Interlevel Dielectric	SiO2	→	→	SiOF	→	CDO	→	→	→	→	Air Gap
Transistor Architecture	Planar	→	→	→	→	→	→	→	→	Tri-Gate	→
Gate Oxide	SiO2	→	→	→	→	→	SiON	High-K	→	→	→
Gate Electrode	Poly	→	→	→	→	→	→	Metal	→	→	→
Channel	Si	→	→	→	→	Strained Si	→	→	→	→	→
Lithography	365nm	248nm	→	→	→	193nm	→	Double Pattern	i193nm	→	→
Wafer Size	200mm	→	→	→	200mm/ 300mm	300mm	→	→	→	→	→

Fonte: IC Insights (2015f).

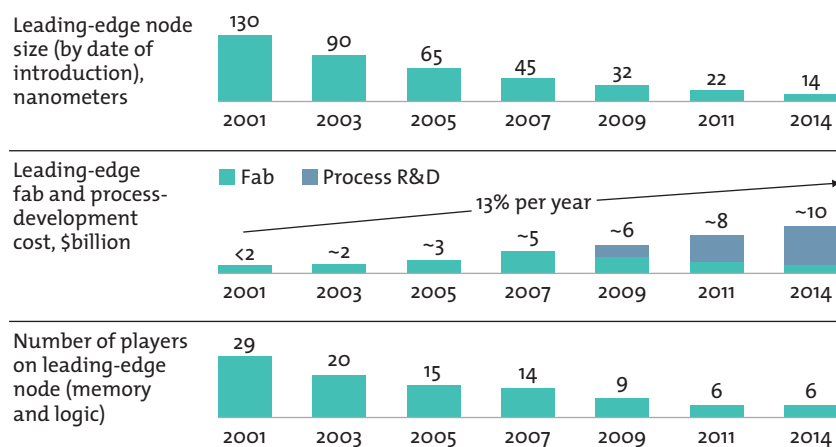
Um efeito importante da constante redução da geometria dos transistores é o aumento dos custos em todas as etapas da produção de um componente semiconductor – não apenas no desenvolvimento

de novos processos, mas também no *design* do *chip*, no investimento em capital fixo para construção de novas fábricas e na fabricação propriamente dita. De acordo com Heck, Kaza e Pinner (2011), os custos crescentes associados ao desenvolvimento de *chips* mais complexos e à construção de fábricas no estado da arte são os principais desafios econômicos que a indústria de semicondutores enfrenta. Como mostra a Figura 18, entre 2001 e 2014, o custo de construir fábricas no estado da arte aumentou 13% ao ano, subindo de US\$ 1,7 bilhão para US\$ 10 bilhões. Consequentemente, o número de empresas que detêm fábricas no estado da arte nos segmentos de memórias e CIs lógicos diminuiu de 29 para seis, no mesmo período. Bauer e outros (2015) ressaltam, porém, que o avanço da tecnologia não se manifesta apenas em maiores requerimentos de capital. Em uma referência especificamente ao segmento de memórias, os autores afirmam que

os requisitos de tecnologia também impõem um desafio para a entrada no segmento de memória. Atualmente, apenas algumas das principais empresas de semicondutores dispõem de todos os elementos necessários para o sucesso: propriedade intelectual suficiente, recursos robustos de design e engenharia de processos e um histórico de melhorar o rendimento a níveis sustentáveis⁶² (BAUER *et al.*, 2015, p. 32).

⁶² Technology requirements also pose a challenge for entering the memory segment. Currently, only a few leading semiconductor companies have all the necessary success factors: sufficient intellectual property, strong design and process-engineering capabilities, and a track record for improving yield to sustainable levels.

Figura 18. Nodos tecnológicos, requerimento de capital para construir fábricas no estado da arte e desenvolver tecnologias de processo (US\$ bilhões) e número de *players* com fábricas no estado da arte nos segmentos de memórias e circuitos lógicos, 2001-2014



Fonte: Bauer e outros (2015).

Uma das alternativas para contrabalancear os custos de produção crescentes é melhorar a produtividade por meio de economias de escala e do aumento do tamanho do *wafér*. Em fábricas no estado da arte, manter o nível de utilização da capacidade elevado é fundamental; então, apenas produtos de alto volume, como MPUs e memórias, são fabricados nesse tipo de planta. E, além de o nível de utilização ter que ser alto, a capacidade instalada cresce, pois o aumento do preço dos equipamentos necessários para a fabricação de semicondutores de uma nova geometria dificulta a sua amortização no prazo de dois anos, que é quando uma nova geometria provavelmente será lançada. Além disso, não apenas *dedicated foundries*, mas também IDMs, estão fabricando *chips* sob contratação de outras empresas, de forma a manter o nível de utilização da capacidade instalada alto.

Aumentar o tamanho do *wafer* também traz ganhos. Até 2000, as empresas da indústria de semicondutores fabricavam seus produtos em *wafers* com diâmetro de cinco, seis, ou, mais frequentemente, oito polegadas (o que equivale a 200 mm). Em 2001, a Intel foi a primeira empresa a começar a usar *wafers* com diâmetro de 12 polegadas (300 mm). Logo outras empresas adotaram o novo tamanho em suas novas fábricas, porque este produz mais que o dobro de *chips* em comparação com o *wafer* de oito polegadas. No momento, tecnologias de processamento de *wafers* de 18 polegadas (450 mm) – o que representa um aumento na superfície de 125% em relação ao *wafer* de 12 polegadas – estão sendo desenvolvidas. No entanto, o custo de uma fábrica de grande porte que utilize *wafers* de 450 mm é estimado entre US\$ 10 bilhões e US\$ 15 bilhões, e “apenas alguns atores da indústria dispunham de meios para arcar com tais investimentos”⁶³ (BAUER; VEIRA; WEIG, 2013, p. 12). Ademais, esse avanço iria provavelmente gerar excesso de capacidade instalada, porque “um ou dois fabricantes de 450 mm seriam suficientes para atender à demanda dos segmentos que fabricam produtos como unidades de processamento e processadores”⁶⁴ (BAUER; VEIRA; WEIG, 2013, p. 12).

Vale lembrar que esse novo processo ainda está em desenvolvimento e não deve ser implementado em um futuro próximo. A ASML, empresa holandesa líder em fornecimento de sistemas de litografia para a indústria de semicondutores, anunciou recentemente que, a pedido dos seus clientes, iria interromper temporariamente o desenvolvimento da tecnologia de litografia para 450 mm. De acordo com a IC Insights, esse anúncio não significa que a transição para 450 mm não ocorrerá,

⁶³ “only a handful of industry players have financial wherewithal to afford such investments”.

⁶⁴ “one or two 450 mm fabs alone would be sufficient to meet the demand of entire industry segments making products such as central processing units or application processors”.

mas indica que “o *status* da produção piloto de 450 mm não será atingido até provavelmente 2019. A produção em escala pode começar dois a três anos depois disso”⁶⁵ (IC INSIGHTS, 2016b, p. 2).

A especialização vertical, conhecida no setor como o modelo *fabless-foundry*, também é uma alternativa. Por causa dos altos custos mencionados, diversas empresas pararam de investir em novas fábricas à medida que novos nodos tecnológicos foram sendo desenvolvidos e começaram a terceirizar a fabricação de uma parte crescente da sua produção para *dedicated foundries*, adotando, portanto, o modelo *fablite*. Outras empresas decidiram vender suas fábricas e terceirizar toda a produção, adotando o modelo *fabless*. De acordo com GSA,⁶⁶ em 1994, as empresas *fabless* correspondiam a apenas 3,2% da receita do setor. Em 2014, esse número havia saltado para 29,0%. A contrapartida desse processo foi o surgimento das *dedicated foundries*, principalmente na Ásia, mas também nos EUA e na Europa.

A vantagem das empresas *fabless* reside na capacidade de entrar no mercado sem realizar grandes investimentos fixos e de desenvolver e comercializar produtos em pouco tempo. Essas duas características possibilitam empresas que adotam esse modelo de negócios terem enorme potencial de crescimento e serem “veículos empresariais de alto risco e alto retorno”⁶⁷ (WESSNER, 2003, p. 28). Para ter sucesso, essas empresas devem oferecer “os recursos certos do produto no momento certo do mercado”⁶⁸ (WESSNER, 2003, p. 28). As *dedicated foundries*, por sua vez, concentram seus esforços em “alta produtividade e retorno

⁶⁵ “the pilot production status for 450 mm won’t be reached until probably 2019. Volume production might start two to three years after that”.

⁶⁶ Dados da Global Semiconductor Alliance (GSA), disponíveis em: <http://www.gsaglobal.org/>. Acesso em: 12 abr. 2016.

⁶⁷ “high-risk, high-reward entrepreneurial vehicles”.

⁶⁸ “the right product features at the right market time”.

rápido do *design* ao produto. As *foundries* também permitem a produção de lotes menores de *chips* especializados a custo de *commodities*”⁶⁹ (WESSNER, 2003, p. 27).

O grande ganho é que as *foundries* permitem que as empresas lancem produtos sem precisar levantar e investir o capital necessário para a instalação de uma fábrica avançada. *Esse modelo de produção pode oferecer reduções substanciais nos custos de fabricação das novas gerações de chips*. Essa redução de custos pode ser reforçada por menores custos de capital que refletem o impacto do tratamento tributário preferencial e por subsídios governamentais mais diretos para indústrias que são vistas como estratégicas pelos formuladores de políticas governamentais em países como Taiwan⁷⁰ (WESSNER, 2003, p. 28, grifos nossos).

Wessner (2003, p. 30) faz, entretanto, uma ressalva a respeito das consequências futuras do modelo *fabless-foundry*:

Uma questão relacionada de importância considerável é o impacto dessas tendências no financiamento de P&D que impulsiona o setor. Até o momento, as *foundries* tendem a ser seguidores rápidos – adotando rapidamente as novas tecnologias de fabricação que impulsionam o setor, mas fazendo investimentos relativamente modestos em P&D. À medida que as *foundries* ganham participação de mercado, não está claro se os investi-

⁶⁹ “high productivity and rapid turnaround from design to product. Foundries also permit production of smaller batches of specialized chips at commodity-like costs”.

⁷⁰ The big gain is that foundries permit firms to bring products to market without raising and investing the capital required for an advanced manufacturing facility. This model of production can offer substantial cost savings in manufacturing new generations of chips. These cost savings may be accentuated by lower capital costs that reflect the impact of preferential tax treatment and more direct government subsidies for industries that are viewed as strategic by government policy makers in countries such as Taiwan.

mentos em P&D necessários para sustentar o crescimento excepcional do setor continuarão sendo feitos.⁷¹

Macher, Mowery e Di Minin (2007, p. 221, grifos nossos) afirmam que o modelo de negócios *fabless* funciona em:

uma ampla variedade de indústrias de rápido crescimento, especialmente computadores e comunicações, oferecendo designs inovadores e prazos de entrega mais curtos do que as empresas de circuitos integrados. *A expansão dos mercados para semicondutores permite que empresas verticalmente especializadas em projeto e produção de semicondutores, respectivamente, explorem economias de escala e especialização.*⁷²

Dibiaggio (2007, p. 240, grifos nossos), por sua vez – e de um modo bastante similar a Sturgeon (2002) –, explica a relação entre progresso técnico e novos modelos de negócios:

Não apenas os produtos e processos evoluem, mas também as competências e a organização das atividades se tornam rapidamente obsoletas pelas mudanças técnicas. Nos últimos anos, a eficácia dos direitos de propriedade intelectual e o uso extensivo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nas atividades de design ampliaram a tendência de decomposição da cadeia de valor. Portanto, *a explosão das chamadas empresas sem fábricas e sem chip é facilmente expli-*

⁷¹ A related issue of significant concern is the impact of these trends on the R&D funding that drives the industry. To date, the foundries have tended to be fast followers – rapidly adopting the new manufacturing technologies that drive the industry but making relatively modest R&D investments of their own. As the foundries gain market share, it is not clear whether the R&D investments required to sustain the industry's exceptional growth will continue to be made.

⁷² a variety of fast-growing industries, especially computers and communications, by offering innovative designs and shorter delivery times than integrated semiconductor firms. The expansion of markets for semiconductor devices enables vertically specialized semiconductor design and production firms respectively to exploit economies of specialization and scale.

*cada pela redução dos custos de transação em razão das mudanças técnicas e institucionais.*⁷³

A especialização vertical ajuda também a mitigar os riscos. O ciclo de vida dos produtos na indústria de semicondutores – assim como na indústria eletrônica – está ficando menor e mais incerto.

O resultado é que é mais difícil determinar se a demanda por um único produto utilizará totalmente a capacidade de uma fábrica dedicada exclusivamente a um determinado produto, aumentando os riscos de investir nessa capacidade “dedicada”⁷⁴ (MACHER; MOWERY; DI MININ, 2007, p. 221).

Dedicated foundries, entretanto, fabricam um *mix* de produtos mais amplo e estão menos expostas ao risco. A vantagem das IDMs, por sua vez, “parecem ser maiores para os produtos de ponta da tecnologia de semicondutores, como DRAMs.”⁷⁵ (MACHER; MOWERY; DI MININ, 2007, p. 221-222).

A terceirização da fabricação de CIs está, de fato, crescendo. O percentual de *chips* produzidos para terceiros (conhecidos como *foundry-made IC products*, em inglês) subiu de 21% em 2004 para 24% em 2009 e 37% em 2014, atingindo US\$ 47,9 bilhões em vendas. A expectativa é que essa categoria tenha um crescimento anual médio de 11% nos próximos anos e represente 46% do total de *chips* produzidos em

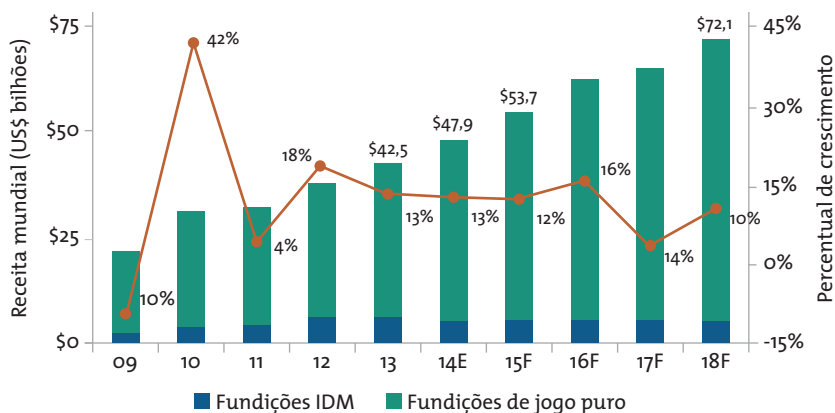
⁷³ Not only products and processes evolve but also competencies and the organization of activities are rapidly made obsolete by technical change. In recent years, the effectiveness of intellectual property rights and the extensive use of Information and Communication Technologies (ICTs) in design activities have amplified the trend toward decomposition of the value chain. Therefore, the explosion of so-called fabless and chipless firms is easily explained by the reduction of transaction costs due to technical and institutional changes.

⁷⁴ As a result, it is more difficult to determine whether demand for a single product will fully utilize the capacity of a fabrication facility that is devoted exclusively to a particular product, increasing the risks of investing in such “dedicated” capacity.

⁷⁵ “appear to be greatest for products at the leading edge of semiconductor technology, such as DRAMs”.

2018. Esses *foundry-made ICs* podem ser fabricados tanto por *dedicated foundries*, que se especializaram nessa atividade, como por IDMs, que, como dito, podem prestar serviço de fabricação para terceiros. Em 2014, as *dedicated foundries* foram responsáveis por 88% da fabricação de CIs para terceiros. As vendas dessa categoria cresceram 15% em 2013 e 17% em 2014, e a expectativa era de que crescessem 13% em 2015 e atingissem US\$ 47,8 bilhões, enquanto a expectativa de crescimento da fabricação de CIs para terceiros era de 12%. A Figura 19 mostra a evolução das vendas de CIs fabricados para terceiros, a participação de *dedicated* ou *pure-play foundries* e de IDMs e a taxa de crescimento anual.

Figura 19. Vendas de circuitos integrados fabricados para terceiros, 2009-2018: vendas (US\$ bilhões) – eixo esquerdo – e taxa de crescimento anual – eixo direito



Fonte: Clarke (2014).

Nota: Realizado até 2013, estimado em 2014 e previsto para 2015-2018.

A Tabela 4, por sua vez, evidencia as 13 principais empresas, sejam elas *pure-play foundries* ou IDMs, envolvidas na produção de *chips* para terceiros. Cabe notar que há apenas duas IDMs nesse *ranking* – Samsung e Fujitsu. As vendas dessas duas empresas corresponderam,

em 2015, a 7,6% do total de vendas dessas 13 principais empresas e a 7,0% das vendas totais de CIs produzidos para terceiros. As vendas das 13 principais empresas corresponderam, em 2015, a 93% do total desse segmento. “Com as barreiras à entrada (por exemplo, custos de equipamentos de fabricação, acesso à tecnologia de ponta etc.) nos negócios das foundries tão altas e crescentes, a IC Insights espera que esse número dos ‘top 13’ continue aumentando lentamente no futuro”⁷⁶ (IC INSIGHTS, 2016a, p. 2).

Tabela 4. Líderes em produção de *chips* para terceiros, 2014-2015: vendas (US\$ milhões)

Empresa	Tipo de <i>foundry</i>	País-sede	2014			2015		
			Posição	Vendas	2014/ 2013 (%)	Posição	Vendas	2015/ 2014
TSMC	<i>Pure-play</i>	Taiwan	1	24.975	25	1	26.439	6
Global-Foundries	<i>Pure-play</i>	EUA	2	4.355	6	2	5.019	15
UMC	<i>Pure-play</i>	Taiwan	3	4.331	9	3	4.464	3
Samsung	IDM	Coreia do Sul	4	2.590	(25)	4	2.670	3
SMIC	<i>Pure-play</i>	China	5	1.970	0	5	2.236	14
Powerchip	<i>Pure-play</i>	Taiwan	6	1.291	9	6	1.268	(2)
TowerJazz	<i>Pure-play</i>	Israel	7	828	64	7	961	16
Fujitsu	IDM	Japão	10	645	47	8	870	35
Vanguard	<i>Pure-play</i>	Taiwan	8	790	11	9	736	(7)
Hua Hong Semi	<i>Pure-play</i>	China	9	665	14	10	650	(2)
Dongbu	<i>Pure-play</i>	Coreia do Sul	11	541	20	11	593	10
SSMC	<i>Pure-play</i>	Cingapura	12	480	(3)	12	460	(4)
WIN	<i>Pure-play</i>	Taiwan	15	327	(8)	13	379	16
Total top 13	–	–	–	43.788	15	–	46.745	7
Total	–	–	–	47.477	13	–	50.260	6

Fonte: Adaptado de IC Insights (2016a).

Nota: As vendas da GlobalFoundries em 2015 incluem, a partir do segundo semestre, as vendas da International Business Machines Corporation (IBM), em função da aquisição da IBM pela GlobalFoundries.

⁷⁶ “With the barriers to entry (e.g., fab costs, access to leading edge technology, etc.) into the foundry business being so high and rising, IC Insights expects this ‘top 13’ market share figure to continue to slowly rise in the future”.

Outra maneira de combater os custos crescentes é pela consolidação. Periodicamente a indústria de semicondutores atravessa períodos de consolidação, com diversas fusões e aquisições, e firmas com desempenho ruim deixam o mercado. Segundo Bampi (2008/2009, p. 130), a etapa de fabricação de componentes semicondutores

tende a ser consolidada em um número menor de empresas, responsáveis por grandes investimentos em ativos fixos, que por sua vez selecionam um conjunto de componentes para os quais especializam suas fábricas, sempre buscando economias de escala.

De acordo com Heck, Kaza e Pinner (2011, p. 14):

A incapacidade de muitas empresas de semicondutores de criar valor é um dos fatores que determinam a consolidação em toda a cadeia de valor do setor atualmente. [...] as empresas com baixo desempenho enfrentam uma escolha difícil: elas podem seguir a liderança das melhores e empreender iniciativas para melhorar o desempenho, ajudando a moldar a estrutura do setor, ou podem deixar que os compradores entrem e conduzam uma nova dinâmica de criação de valor.⁷⁷

Em 2015, houve uma importante onda de fusões e aquisições: de janeiro a setembro, aconteceram 16 grandes negociações, com um valor total combinado de US\$ 77 bilhões, quase seis vezes a média anual verificada nos cinco anos anteriores. Entre os acordos mais importantes estão a compra da Broadcom (EUA) pela Avago (Cingapura) por US\$ 37 bilhões, a compra da Altera (EUA) pela Intel (EUA) por

⁷⁷ The inability of many semiconductor companies to create value is one of the key factors driving consolidation throughout the industry's value chain today. [...] under-performing companies face a stark choice: they can either follow the lead of top performers and undertake initiatives to improve performance, thus helping shape the industry's structure, or they can leave it to acquirers to step in and drive a new dynamic of value creation.

US\$ 16,7 bilhões, além da proposta de compra da Micron (EUA) pelo Tsinghua Unigroup (China) por US\$ 23 bilhões. Cabe notar que em 2014 já havia acontecido um importante acordo envolvendo empresas líderes do setor: a International Business Machines Corporation (IBM) transferiu as suas operações de fabricação de dispositivos semicondutores para a GlobalFoundries, uma *dedicated foundry* que pertence à Advanced Technology Investment Company, um fundo de investimento do governo de Abu Dhabi. A IBM decidiu abrir mão da etapa de fabricação, porque as suas fábricas estavam operando com prejuízo. O acordo inclui não apenas as fábricas, mas também patentes e tecnologias e o pagamento de cerca de US\$ 1,5 bilhão à GlobalFoundries. A GlobalFoundries será o fornecedor exclusivo de dispositivos semicondutores nas geometrias 22 nm, 14 nm e 10 nm para a IBM por dez anos. A IBM, no entanto, continuará realizando P&D, e a GlobalFoundries terá acesso privilegiado aos resultados dessa atividade (GLOBALFOUNDRIES..., 2014; LIPSKY, 2015; MCALLISTER, 2015).

De acordo com IC Insights (2015e, p. 1), essa onda recente de consolidação no setor é resultado de diversos fatores:

[...] a atividade de M&A sem precedentes é uma indicação de que fornecedores de CI experimentam vendas menores em seus segmentos de mercado já existentes e a necessidade de ampliar seus negócios para se manter nas graças dos investidores. Os crescentes custos do desenvolvimento de produtos e tecnologias avançadas também estão determinando a necessidade de crescer e aumentar as vendas a um ritmo maior na segunda metade desta década. O surgimento de um enorme potencial de mercado para a internet das coisas (IoT) está fazendo com que os principais fornecedores de CI redefinam suas estratégias e preencham

rapidamente as peças que faltam em seus portfólios de produtos. O objetivo ambicioso da China de se tornar autossuficiente em semicondutores e reduzir as importações de CIs de fornecedores estrangeiros também deflagrou uma série de aquisições por empresas e grupos de investimentos chineses.⁷⁸

Segundo Sperling (2015), o motor por trás dessa onda recente de consolidação é a necessidade de fechar lacunas nos portfólios de produtos, uma vez que o setor está caminhando em direção ao fornecimento de soluções completas integradas. Além disso, esse autor vê os períodos de consolidação como o movimento contrário da especialização vertical: “essa é a etapa de verticalização da indústria. Vemos esse ciclo a cada 7-10 anos, quando os especialistas percebem a soma das partes têm mais valor que as partes”⁷⁹ (SPERLING, 2015). Ademais, essa não é uma característica exclusiva da indústria de semicondutores: “uma vez que toda indústria passa por um crescimento mais lento e pressões de custo crescente, consolidação é um passo natural”⁸⁰ (SPERLING, 2015).

Os desafios que a redução da dimensão dos transistores traz à produção de CIs fizeram surgir também o fenômeno More than Moore, que consiste na agregação de valor pela diversificação funcional dos

⁷⁸ [...] the unprecedented M&A activity is indicative of IC suppliers experiencing slower sales in their existing market segments and the need to broaden their businesses to stay in favor with investors. Rising costs of product development and advanced technologies are also driving the need to become bigger and grow sales at higher rates in the second half of this decade. The emergence of and huge market potential for the Internet of Things (IoT) is causing major IC suppliers to reset their strategies and quickly fill in missing pieces in their product portfolios. China’s ambitious goal to become self-sufficient in semiconductors and reduce imports of ICs from foreign suppliers has also launched a number of acquisitions by Chinese companies and investment groups.

⁷⁹ “this is the verticalization phase of the industry. We see this cycle every 7 to 10 years, where the specialists realize that the sum of the parts has more value than the parts”.

⁸⁰ “as any industry experiences slower growth and increasing cost pressures, consolidation is a natural step”.

CIs, por meio de inovações no projeto e no processo de fabricação. Outra inovação importante é a criação dos componentes *system on a chip* (SoC) e *system in a package* (SiP), que integram diferentes funcionalidades em um mesmo componente, permitindo a substituição de todo um sistema por um único produto. A principal vantagem do SoC é que a integração de todos os sistemas em um único *chip* faz o custo de todo o sistema se aproximar do custo do próprio *chip*.

Finalmente, é importante levar em consideração que os custos crescentes envolvidos no processo de desenvolver novos nodos tecnológicos e construir fábricas no estado da arte eram geralmente compensados por aumentos na produtividade, resultando, portanto, em produtos mais baratos. No entanto, essa tendência está perdendo força recentemente, como foi discutido. Em consequência, cada vez menos segmentos de mercado estão utilizando componentes fabricados em nodos tecnológicos mais avançados – os setores que permanecem empregando esses componentes são, em geral, aqueles que demandam *performance* crescente, como os segmentos de computadores e aparelhos celulares. Bauer, Veira e Weig (2013, p. 6) sugerem que esses segmentos restantes, “tais como aplicativos para celular, devem crescer fortemente, fornecendo demanda suficiente para tecnologias de ponta”.⁸¹ Em geral, porém, as empresas costumam buscar “a tecnologia mais madura que atenda aos requisitos de funcionalidade, desempenho e preço almejados pelo projeto” (GUTIERREZ; MENDES, 2009, p. 191).

Além do rápido progresso tecnológico, outra característica da indústria de componentes semicondutores é a expansão por saltos, que gera ciclos de preços. Segundo Gutierrez e Mendes (2009, p. 176):

⁸¹ “such as mobile applications, should grow strongly, providing sufficient demand for high-end technologies”.

Em períodos de alta demanda por componentes e, conseqüentemente, altos preços, um grande número de ofertantes realiza investimentos em fabricação, os quais, ao maturarem, geram uma oferta muito elevada de CIs, derrubando os preços e adiando novos investimentos. No entanto, em virtude do intenso uso dos componentes em um número cada vez maior de aplicações, esses períodos de retração são curtos, novamente seguidos por momentos de euforia dos investidores.

Bampi (2008/2009, p. 134) resume a interação entre os fatores discutidos e os ciclos de preços:

O risco tecnológico, a complexidade técnica do *design*, as incertezas da demanda futura, o risco de mercado e as barreiras de entrada por especialização em cada tipo de componente tornam a atividade fabril extremamente sujeita a prejuízos periodicamente. Isto porque as plantas industriais do estado da arte e para os volumes requeridos para amortização do investimento são caras e devem operar utilizando mais de 90% da capacidade para manter-se lucrativas. A natureza cíclica do negócio de circuitos integrados e o curto ciclo de vida dos produtos eletrônicos de ponta, por exemplo, apenas agravam esta incerteza.

3.4 Estratégias de inserção e apoio governamental na indústria de semicondutores

Esta seção, que de forma alguma se pretende exaustiva, tem como objetivo fornecer um breve panorama da história da indústria de semicondutores, com foco nas estratégias de inserção de novos entrantes no setor e em como estes receberam decisivo apoio governamental. Tomam-se como ponto de partida a invenção do transistor e do CI e a trajetória das

primeiras empresas americanas no setor. Depois, discute-se a emergência de alguns países asiáticos.⁸²

O transistor foi desenvolvido em 1947 pelos físicos americanos John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley no Bell Telephone Laboratories. Esse laboratório foi criado em 1925 pela American Telephone & Telegraph Company (AT&T) e pela Western Electric Company, que era a principal fornecedora de equipamentos para a AT&T. O objetivo do Bell Labs era desenvolver equipamentos de telefonia para a Western Electric, mas o laboratório investia também em pesquisa básica. Nos anos 1930, a demanda crescente por telefonia a longa distância estava criando problemas no gerenciamento da rede, e o Bell Labs iniciou um programa de pesquisa em Física do Estado Sólido para buscar substitutos aos repetidores e relês. A invenção do transistor foi o primeiro resultado relevante desse esforço.

Em 1949, no entanto, o Departamento de Justiça iniciou uma ação antitruste contra a AT&T, e a empresa ficou relutante em comercializar produtos que utilizavam a nova tecnologia, porque uma linha nova de negócios poderia chamar a atenção para o seu poder de mercado. Em 1952, o Bell Labs organizou um simpósio aberto para expor a tecnologia do transistor e os avanços obtidos na sua produção. Em 1956, a ação antitruste foi resolvida por meio de uma sentença de consentimento. A AT&T restringiu as suas atividades comerciais aos serviços e equipamentos de telecomunicações e licenciou suas patentes de semicondutores aos interessados, em troca de licenciamentos cruzados (MOWERY; ROSENBERG, 2005).

⁸² Há diversos outros casos que podem ser citados. BNDES (2003), por exemplo, ao analisar a experiência internacional na indústria de semicondutores, explorou o desenvolvimento do setor na Alemanha, na China, na Coreia do Sul, na Irlanda, em Israel, na Malásia e em Taiwan. Rivera e outros (2015) mencionam casos mais recentes: subvenções e incentivos da ordem de US\$ 1,5 bilhão oferecidos pelo Governo do Estado de Nova York à GlobalFoundries, financiamento sem juros e redução de impostos concedidos pela Índia para a construção de duas novas fábricas de semicondutores no país, doação de US\$ 300 milhões por Israel para a nova fábrica da Intel, cujo investimento era estimado em US\$ 6 bilhões, além de diversos outros exemplos.

William Shockley se desentendeu com outros membros da equipe, saiu do Bell Labs em 1953 e retornou para a Califórnia, onde havia estudado durante a graduação. Em 1956, ele inaugurou uma empresa chamada Shockley Semiconductor Laboratory, na região que hoje é conhecida como Vale do Silício, e recrutou jovens cientistas e engenheiros. O objetivo de Shockley era trabalhar com transistores de silício,⁸³ o que já estava sendo feito na TI, fundada em 1951. O primeiro transistor de sucesso comercial havia sido produzido pela TI em 1954 e foi rapidamente adotado pelos militares para uso em radares e aplicações em mísseis (MOWERY; ROSENBERG, 2005). Em pouco tempo, um grupo de funcionários do Shockley Semiconductor Laboratory deixou a empresa, em função do comportamento paranoico de Shockley. Depois da saída, Shockley os chamou de “*traitorous eight*” e disse que eles nunca seriam bem-sucedidos.

Os oito “traidores” – Julius Blank, Victor Grinich, Jean Hoerni, Eugene Kleiner, Jay Last, Gordon Moore, Robert Noyce e Sheldon Roberts – procuraram, então, a Fairchild Camera and Instrument, uma empresa americana de equipamentos fotográficos que detinha importantes contratos militares (relacionados a satélites de espionagem e mapeamento fotográfico aéreo), para buscar apoio e abrir uma nova empresa. Sherman Fairchild, fundador da Fairchild Camera and Instrument, concordou e, em 1957, foi criada a Fairchild Semiconductor, também com o objetivo de desenvolver transistores de silício. Noyce defendia, naquela época, que o silício era mais vantajoso, pois diminuía o custo dos insumos e tornava os componentes eletrônicos mais baratos.

Em 1958, o CI, que integra em um mesmo *chip* vários transistores, foi desenvolvido de maneira independente pelo engenheiro elétrico americano Jack Kilby na TI (usando germânio) e pelo físico

⁸³ O material mais usado na época era o germânio.

americano Robert Noyce na Fairchild Semiconductor (usando silício). Ambos utilizavam tecnologia bipolar. De acordo com Mowery e Rosenberg (2005, p. 144), o desenvolvimento do CI foi “uma resposta aos crescentes problemas de confiabilidade associados aos sistemas que utilizavam um grande número de transistores discretos”.

A busca do CI por Kilby foi motivada pelo expresso desejo de obter um dispositivo que pudesse expandir o mercado militar (e, eventualmente, o comercial) de dispositivos semicondutores. Muito pouco da P&D pioneira de Kilby foi financiada pelos militares dos EUA; *a maior contribuição militar para o desenvolvimento inicial da indústria do CI foi sua demanda por componentes altamente confiáveis*. [...] Depois que os sistemas militares e espaciais demonstraram a viabilidade do CI, rapidamente emergiram aplicações comerciais em computadores para a nova tecnologia (MOWERY; ROSENBERG, 2005, p. 145-146, grifos nossos).

Também em 1958, Jean Hoerni desenvolveu o processo planar na Fairchild Semiconductor, revolucionando o processo produtivo e tornando os processos existentes obsoletos. Em 1960, Noyce desenvolveu o CI planar, que conquistou a indústria, porque os transistores eram interconectados por um filme fino, enquanto no *design* da TI eles eram conectados por fios. No início dos anos 1960, a Fairchild começou a desenvolver uma nova tecnologia, o *metal-oxide-semiconductor field-effect transistor* (Mosfet), que é a tecnologia mais utilizada até hoje.

Na década de 1960, a indústria estava prosperando, e as principais empresas eram a Fairchild Semiconductor, a TI e a Motorola. Esta última, fundada em 1928, trabalhava com equipamentos de comunicação e detinha importantes contratos militares e com a National Aeronautics and Space Administration (Nasa). Em 1955, a empresa entrou no segmento de semicondutores, produzindo transistores à base de germânio.

Com o passar dos anos, os oito “traidores” e outros funcionários deixaram a Fairchild Semiconductor e fundaram novas empresas, que ficaram conhecidas como Fairchildren. Em vinte anos, esses cientistas e engenheiros fundaram 65 novas empresas. As mais notáveis são a Intel Corporation, fundada em 1968 por Robert Noyce e Gordon Moore, e a Advanced Micro Devices (AMD), fundada em 1969 por Jerry Sanders.

Mazzucato (2014), ao analisar os anos iniciais da indústria de semicondutores e da indústria de informática nos EUA, ressalta dois fatores importantes. Um deles é o apoio fundamental do governo:

Indo muito além do simples financiamento das pesquisas, a DARPA financiou a formação de departamentos de ciência da computação, deu apoio a *start-ups* com pesquisas iniciais, contribuiu para a pesquisa de semicondutores, apoiou a pesquisa da interface homem-computador e supervisionou os estágios iniciais da internet. [...] Essas estratégias contribuíram enormemente para o desenvolvimento da indústria da informática nas décadas de 1960 e 1970 (MAZZUCATO, 2014, p. 112-113).

A autora cita, por exemplo, que quase todo o crescimento da Fairchild Semiconductor “ocorreu devido às compras do setor militar” (MAZZUCATO, 2014, p. 113).

O outro fator destacado por Mazzucato (2014) é a cultura de inovação e de criação de *spin-offs* que surgiu por meio do grupo que deixou o Shockley Semiconductor Laboratory. Mais ainda, a autora salienta a inter-relação entre os dois fatores: “o modelo de negócio *spin-off* tornou-se viável e se popularizou no setor de pesquisa tecnológica depois da revolta de 1957, ainda assim não teria sido possível sem o envolvimento do Estado e sua atuação como primeiro e principal cliente” (MAZZUCATO, 2014, p. 113). No entanto, não apenas o governo viabilizou essas empre-

sas, como também estas tornaram a estratégia governamental possível. Antes dessa onda de surgimento de novas empresas,

[...] as possibilidades de os funcionários do governo gerarem avanço tecnológico rápido eram limitadas pois as grandes empresas de defesa tinham muito poder e driblavam a pressão e as demandas por inovação. Essas possibilidades também eram limitadas pelo pequeno número de empresas habilitadas. Unidas pelo interesse de evitar certos riscos inerentes a rotas tecnológicas incertas, elas resistiam às pressões governamentais por inovação. Entretanto, em um novo cenário com *start-ups* ambiciosas, aumentaram as oportunidades para gerar concorrência real entre as empresas (MAZZUCATO, 2014, p. 113).

Assim, a Darpa reconheceu o potencial das novas empresas – que entendiam que a inovação era essencial para a sua sobrevivência – e passou a auxiliá-las, aproveitando-se também do fato de que empresas menores necessitavam de fundos menores para pesquisa. As grandes organizações logo passaram a responder a esse novo cenário e se engajar em atividades inovativas. O governo, por sua vez, assumiu “um papel de liderança na mobilização da inovação entre empresas grandes e pequenas e laboratórios de universidades e do governo” (MAZZUCATO, 2014, p. 114).

Em resumo:

O caminho trilhado pelos circuitos integrados entre Bell Labs, Fairchild Semiconductor e Intel até chegar a dispositivos como o iPhone ou iPad teve a ajuda de contratos públicos da Força Aérea americana e da NASA. *Como únicos consumidores dessas primeiras unidades de processamento baseadas nesse novo projeto de circuito, os Departamentos de Defesa ajuda-*

ram a financiar o desenvolvimento da nascente indústria de microprocessadores e de outras indústrias que estavam introduzindo equipamentos e dispositivos eletrônicos complementares simplesmente inacessíveis nos mercados comerciais regulares. A demanda em larga escala pelos microprocessadores foi gerada pelo programa de mísseis Minuteman II da Força Aérea americana. A missão Apollo da NASA desafiou os limites tecnológicos, exigindo avanços significativos no processo de produção dos microprocessadores e também no aumento da capacidade de memória. Em contrapartida, as agências governamentais ajudaram a baixar significativamente os custos dos circuitos integrados em questão de anos (MAZZUCATO, 2014, p. 140, grifos nossos).

Outra característica interessante da participação governamental no surgimento da indústria de semicondutores é a disposição dos militares de comprar de fornecedores que tinham entrado recentemente no setor e que tinham pouca ou nenhuma tradição em fornecer para a defesa. Em contrapartida, os militares exigiam que seus fornecedores desenvolvessem um produtor local capaz de fabricar um produto similar para o caso de o projeto principal atrasar. Isso gerou intercâmbio tecnológico entre empresas, que precisavam trocar desenhos entre si e dividir conhecimento sobre os processos. Segundo Mowery e Rosenberg (2005, p. 152, grifos nossos):

Ao facilitar a entrada e apoiar altos níveis de transferência entre as empresas (por exemplo, a sentença de consentimento de 1956 da AT&T e a política de segunda fonte do Departamento de Defesa), as políticas públicas e outras influências aumentaram a diversidade e o número de alternativas tecnológicas exploradas por indivíduos e empresas no âmbito da indústria

de semicondutores dos EUA durante um período de significativas incertezas sobre o rumo dos futuros desenvolvimentos dessa tecnologia. As facilidades de ingresso e a rápida difusão de tecnologia entre as empresas também alimentaram uma intensa competição entre as firmas dos EUA. A estrutura e a conduta intensamente competitivas da indústria criaram um “ambiente seletivo” rigoroso, que implacavelmente extirpava as empresas e soluções técnicas menos efetivas. *Para um país que estava sendo pioneiro na indústria de semicondutores, essa combinação de diversidade tecnológica e de fortes pressões seletivas provou ser altamente eficiente.*

A dinâmica e promissora indústria de semicondutores não ficou, entretanto, restrita aos EUA. Ao perceber que esse setor contribuía bastante para o crescimento econômico, diversos países passaram a apoiar, de forma proativa, o seu desenvolvimento. *“Governments believe that the future of their countries depends on the composition of their economies, and for the most part they see their success as nations defined by their relative success in these specific efforts”* (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996 *apud* WESSNER, 2003, p. 35).

Ainda nas décadas de 1950 e 1960 surgiram empresas concorrentes no Japão, que, na década de 1980, tornou-se o país dominante no setor, como já foi dito. As empresas japonesas que adentraram a indústria de semicondutores podem ser divididas em três categorias: (i) fabricantes de equipamentos de telecomunicação (NEC, Fujitsu e Oki); (ii) fabricantes de produtos elétricos e eletrônicos em geral (Hitachi, Toshiba e Mitsubishi); e (iii) fabricantes de produtos eletrônicos de consumo (Matsushita, Sanyo e Sharp). Isso mostra que as empresas japonesas sempre associaram a produção de semicondutores à produção de bens finais. Tratando especificamente de algumas dessas em-

presas, Cho, Kim e Rhee (1998) explicam o sucesso japonês. As três empresas abordadas são a NEC e a Toshiba, que trabalhavam com tubos de vácuo e entraram no segmento de semicondutores ainda na década de 1950, e a Sharp, que entrou no setor apenas nos anos 1970.

Cho, Kim e Rhee (1998) identificaram três conjuntos de fatores que justificam o sucesso das empresas japonesas na indústria de semicondutores. Em primeiro lugar, os autores explicam que as empresas adotaram uma estratégia de construir competências com base em uma série de etapas sequenciais. Essa abordagem gradual tem como base a forte liderança dos dirigentes, que impunham missões à empresa. A NEC, por exemplo, adotou a convergência entre computadores e telecomunicações como visão corporativa e decidiu investir, nos anos 1960, na tecnologia nMOS para fabricar CIs. Essa decisão era arriscada, pois a tecnologia nMOS, apesar de tecnologicamente superior, ainda não havia sido amplamente testada, e predominava na indústria a tecnologia pMOS.⁸⁴

A primeira etapa da estratégia era criar demanda interna à empresa para os componentes semicondutores, de forma a assegurar uma decolagem bem-sucedida. Assim, as empresas utilizaram linhas de produtos já existentes ou criaram linhas novas para usar os semicondutores que elas mesmas produziam. Essa demanda cativa também serviu como aprendizado, pois o *feedback* dos usuários internos de componentes permitia a detecção de falhas e deficiências. Além disso, os produtos finais da empresa eram os primeiros a incorporar os novos *chips* e adquiriam, portanto, uma vantagem competitiva.

⁸⁴ Transistores do tipo pMOS baseiam-se na mobilidade das lacunas (cargas positivas), enquanto os transistores do tipo nMOS baseiam-se na mobilidade dos elétrons (cargas negativas). Transistores nMOS são mais eficientes, porque a mobilidade dos elétrons é maior que a mobilidade das lacunas. Entretanto, a sua fabricação é mais sensível a elementos contaminantes, que prejudicam o controle sobre o funcionamento do transistor.

A segunda etapa consistia em realizar investimentos massivos em tecnologias de processo e instalações produtivas para dominar as técnicas de produção e obter economias de escala. Cho, Kim e Rhee (1998, p. 495) relatam que:

No conjunto, a soma dos investimentos de capital das empresas japonesas em semicondutores excedeu em muito a dos EUA durante os anos 1980. A manutenção do nível de investimento de capital das empresas japonesas foi possível por meio de subsídios cruzados nas corporações e de baixas taxas de juros. Diferentemente de suas contrapartes japonesas, a maioria dos fabricantes de semicondutores dos EUA era totalmente dedicada a semicondutores e tinha apenas acesso limitado a recursos externos.⁸⁵

Depois que adquiriram competência produtiva, a etapa final era buscar liderança tecnológica. Para isso, as empresas japonesas passaram a investir pesadamente em P&D para aprimorar as suas capacitações técnicas. Em 1985, por exemplo, a Toshiba escolheu utilizar a tecnologia *complementary metal-oxide-semiconductor* (CMOS) para produzir memórias DRAM de um *megabyte*, em vez da tecnologia nMOS, que dominava a indústria naquele momento.⁸⁶ A Toshiba foi exitosa e se tornou a líder em vendas nessa geração de memórias.

O segundo conjunto de fatores identificado por Cho, Kim e Rhee (1998) está relacionado à natureza da indústria de semicondu-

⁸⁵ In all, Japanese companies' combined capital investment in semiconductors far exceeded that of the United States during the 1980s. The consistent level of capital investment by Japanese companies was made possible through cross-subsidization within corporate boundaries and low interest rates. Unlike their Japanese counterparts, most U.S. semiconductor manufacturers were fully devoted to semiconductors and had only limited access to external resources.

⁸⁶ A tecnologia CMOS utiliza transistores dos dois tipos (pMOS e nMOS). A principal vantagem da tecnologia CMOS é a diminuição da potência estática dissipada.

tores, que criou oportunidades para que novos entrantes dessem saltos tecnológicos e ultrapassassem as empresas estabelecidas. Em função das rápidas mudanças tecnológicas, novas tecnologias surgiam e se provavam muito superiores e, por vezes, substituíam completamente as tecnologias antigas. De acordo com Cho, Kim e Rhee (1998, p. 496), essa dinâmica favorece os *latecomers*:

Esse desenvolvimento tecnológico acelerado pode criar um potencial para os novos participantes recuperarem terreno. Quando as novas tecnologias tornam obsoletas as tecnologias atuais, os pioneiros podem se ver em uma posição desvantajosa. Eles podem estar presos a seus investimentos ou capacidades organizacionais anteriores.⁸⁷

As apostas da NEC e da Toshiba nas tecnologias nMOS e CMOS, respectivamente, são exemplos dessa dinâmica.

Por fim, Cho, Kim e Rhee (1998) citam um conjunto de outros fatores que contribuíram para o sucesso japonês. O primeiro desses fatores consiste em o Japão ter desenvolvido, ao mesmo tempo, a indústria de semicondutores e a indústria de equipamentos para a fabricação de semicondutores; ambas se tornaram competitivas mundialmente. Assim, as empresas japonesas de semicondutores não ficavam dependentes de fornecedores estrangeiros e podiam colaborar com os fornecedores locais, gerando benefícios mútuos. O segundo desses fatores é a rivalidade característica do ambiente empresarial japonês. Por último, Cho, Kim e Rhee (1998) reconhecem o papel central desempenhado pelo governo. Nos estágios iniciais da indústria, o governo

⁸⁷ Such fast-paced technological development can create a potential for catch-up by late entrants. When new technologies make current technologies obsolete, early movers can find themselves in a disadvantageous position. They may be locked into their prior investments or organizational capabilities.

atuou para protegê-la. Em 1976, o governo modificou a sua postura e passou de protetor a coordenador, lançando o Very Large Scale Integration (VLSI) Project, um consórcio que tinha como objetivo desenvolver *chips* mais potentes.

Como resultado, as empresas japonesas se tornaram dominantes na década de 1980, chegando a controlar quase 50% do mercado no início dos anos 1990 e ameaçando a posição das empresas americanas, cujo *market share* no segmento de memórias DRAM passou de 90% no início da década de 1970 para 10% em 1984-1985 (WESSNER, 2003). O governo americano, evidentemente, reagiu.

Considerando o papel significativo dos semicondutores nas tecnologias de defesa, o Departamento de Defesa considerava a indústria vital para seu potencial militar e para a segurança nacional. O receio crescente de que o equipamento essencial para a produção dessas tecnologias, agora vitais para a defesa nacional, tivesse de ser importado de países como o Japão levou o DoD a agir (MAZZUCATO, 2014, p. 140).

A principal resposta dos EUA ao desafio japonês foi a criação do consórcio Semiconductor Manufacturing Technology (Sematech), que reuniu empresas e universidades com o objetivo de promover a competitividade econômica e tecnológica americana na indústria de semicondutores. As 14 empresas que inicialmente integraram o Sematech⁸⁸ concordaram em contribuir coletivamente com US\$ 100 milhões por ano, e o governo americano aportaria outros US\$ 100 milhões. O consórcio começou a operar em 1988 e recebeu um total de US\$ 850 milhões

⁸⁸ Essas empresas são IBM, Intel Corporation, Motorola, TI, National Semiconductor, AMD, Lucent Technologies, Compaq Computer Corp., Hewlett-Packard Technology, Conexant Systems, NCR Microelectronics Corp., Harris Semiconductor, LSI Logic Corp. e Micron Technology.

do governo americano.⁸⁹ O memorando de entendimento do Sematech explica que:

A Sematech é um consórcio de firmas dos EUA que fabricam ou usam dispositivos semicondutores e se organizaram para fortalecer os recursos da indústria de semicondutores do país em tecnologia de fabricação de semicondutores, de modo a permitir que a indústria americana atenda às necessidades comerciais e de defesa de novos dispositivos semicondutores. [...] *O Congresso descobriu que é do interesse econômico e de segurança nacional dos EUA fornecer assistência financeira à Sematech para atividades de pesquisa e desenvolvimento no campo da fabricação de semicondutores*⁹⁰ (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 1988, p. 1-2, grifos nossos).

Na opinião de Wessner (2003, p. 42), a criação do Sematech expressiu “a crença de que os programas de cooperação japoneses foram decisivos para o sucesso de seus fabricantes”.⁹¹ Mazzucato (2014, p. 141) relata que a iniciativa obteve sucesso:

Com o tempo, os membros do consórcio reconheceram os benefícios da parceria em P&D patrocinada pela SEMATECH; o compartilhamento de conhecimento evitou a duplicação de pesquisas e se traduziu

⁸⁹ Desde 1996, o Sematech não recebe mais recursos governamentais e, em 1999, empresas de outras nacionalidades entraram no consórcio, que passou a atuar visando a competitividade da indústria mundial de semicondutores.

⁹⁰ SEMATECH is a consortium of United States firms that manufacture or use semiconductor devices and that are organized to strengthen the capabilities of the United States semiconductor industry in semiconductor manufacturing technology so as to enable the United States industry to meet commercial and defense needs for future semiconductor devices. [...] Congress has found that it is in the national economic and security interest of the United States to provide financial assistance to SEMATECH for research and development activities in the field of semiconductor manufacturing.

⁹¹ “the belief that the Japanese cooperative programs had been instrumental in the success of Japanese producers”.

em menos gastos com P&D. O desempenho avançado e o preço acessível dos microprocessadores e dos *chips* de memória atuais são em grande medida resultado de anos de intervenção e supervisão governamental.

Na opinião de Moore (2003, p. 102), uma evidência do sucesso do Sematech é o fato de que “a maioria das grandes empresas continuou a participar, sendo indicador de como os participantes se sentiam em relação ao valor da organização”.⁹² Wessner (2003, p. 43, grifos nossos), no entanto, faz uma ressalva a respeito da importância do Sematech na recuperação da competitividade americana:

As realizações coletivas e o impacto dessa atividade cooperativa (Sematech) parecem ter sido um elemento essencial para a recuperação da indústria dos EUA. Ainda assim, deve-se ressaltar que a contribuição do consórcio e outras iniciativas de políticas públicas não foram suficientes para garantir a recuperação do setor. Essencialmente, essas iniciativas de políticas públicas podem ser entendidas como tendo fornecido no conjunto condições estruturais positivas para a ação privada dos fabricantes de semicondutores dos EUA.⁹³

Outra resposta importante do governo americano foi a instauração de uma disputa comercial com o Japão para eliminar o *dumping* praticado pelas empresas japonesas no mercado internacional e abrir

⁹² “most of the major companies had continued to participate, providing an indication of how the participants feel about the value of the organization”.

⁹³ The collective accomplishments and impact of this cooperative activity [SEMATECH] appear to have been an essential element contributing to the recovery of the U.S. industry. Still, it should be underscored that the consortium’s contribution and other public policy initiatives were by no means sufficient to ensure the industry’s recovery. Essentially, these public policy initiatives can be understood as having collectively provided positive framework conditions for private action by U.S. semiconductor producers.

o mercado japonês a empresas estrangeiras.⁹⁴ No que diz respeito aos acordos firmados entre EUA e Japão, em especial o Semiconductor Trade Agreement de 1986, Wessner (2003, p. 41) afirma que:

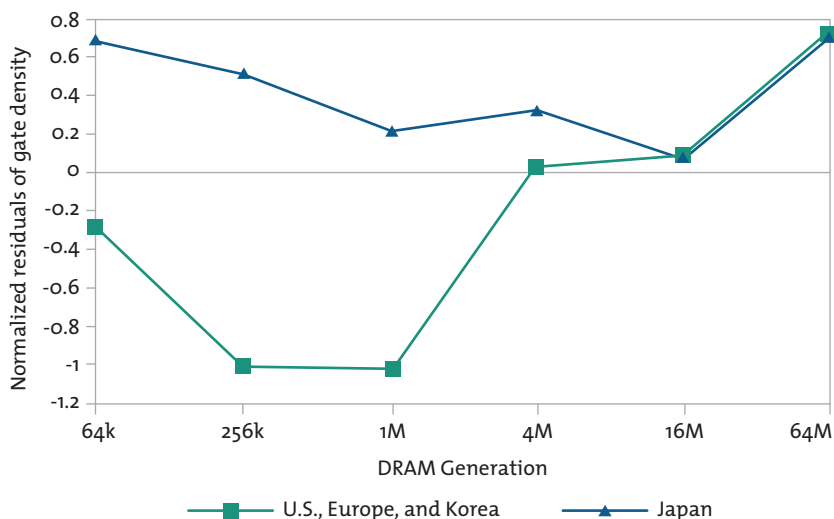
De fato, um dos impactos mais significativos do acordo foi o estabelecimento de um piso de preços para DRAMs, incentivando novos participantes e, assim, tornando o mercado global de DRAM competitivo novamente. [...] o acordo comercial foi pioneiro em muitos aspectos. Foi o primeiro grande acordo comercial dos EUA focado em uma indústria estratégica de alta tecnologia e o primeiro motivado por preocupações com a perda de competitividade e não com a perda de empregos. Era incomum, pois se concentrava em melhorar o acesso ao mercado externo, em vez de restringir o acesso ao mercado dos EUA. E, diferentemente de outros acordos comerciais bilaterais, procurou regular o comércio (ou seja, acabar com o dumping) não apenas no comércio entre os EUA e o Japão, mas também em outros mercados globais. Também incluiu, pela primeira vez, a ameaça de sanções comerciais, caso o acordo não fosse respeitado. Com isso, sinalizou uma mudança significativa na política comercial dos EUA.⁹⁵

⁹⁴ Para detalhes sobre outras iniciativas para recuperar a competitividade da indústria americana de semicondutores no período, ver Wessner (2003).

⁹⁵ In fact, one of the most significant impacts of the accord was that it established a price floor for DRAMs, thus encouraging new entrants and, thereby, making the global DRAM market competitive once again. [...] the trade agreement was a first in many respects. It was the first major U.S. trade agreement focused on a high-technology, strategic industry, and the first one motivated by concerns about the loss of competitiveness rather than the loss of employment. It was unusual in that the agreement concentrated on improving market access abroad rather than restricting access to the U.S. market. And unlike other bilateral trade deals, it sought to regulate trade (i.e., end dumping) not only in trade between the United States and Japan but in other global markets as well. It also included, for the first time, the threat of trade sanctions should the agreement not be respected. As such, it signaled a significant shift in U.S. trade policy.

Alguns dados interessantes sobre essa disputa entre EUA e Japão por competitividade e liderança na indústria de semicondutores podem ser encontrados no estudo de Iansiti e West (1999), sobre o caso da indústria de semicondutores, especificamente os segmentos de memória e MPU, com o objetivo de entender os *drivers* da *performance* inovadora. A Figura 20 mostra a evolução da *performance* das memórias DRAM utilizando os resíduos normalizados da regressão da densidade de transistores em cada geração de memória contra o tempo. Um valor superior a um indica que a *performance* foi superior à linha de tendência e um valor inferior a um indica que a *performance* foi inferior.⁹⁶

Figura 20. Comparação da *performance* de memórias *dynamic random access memory*, nas décadas de 1980 e 1990



Fonte: Iansiti e West (1999).

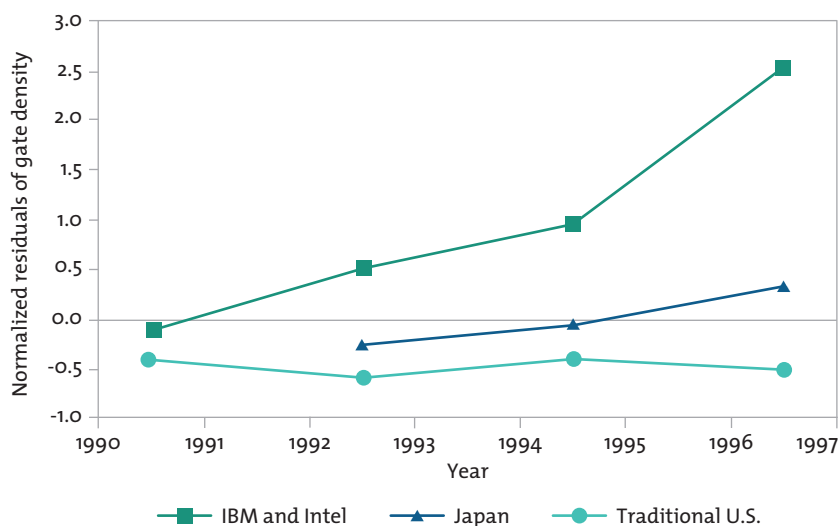
⁹⁶ O segmento de memórias DRAM é relevante porque era o driver tecnológico nas décadas de 1980 e 1990. Ou seja, a competição na indústria de semicondutores se materializava em uma corrida por capacidade instalada para produção de memórias de nova geração (WESSNER, 2003).

Como pode ser visto, havia uma diferença substancial entre a *performance* das empresas japonesas e a das empresas das demais regiões (EUA, Europa e Coreia do Sul) nas gerações de 64 *kilobytes* (lançada em 1980, utiliza a tecnologia de 3 μm), 256 *kilobytes* (1983, 1,5 μm) e um *megabyte* (1986, 1 μm). Todavia, essa diferença diminuiu na geração de quatro *megabytes* (1989, 0,8 μm) e desapareceu nas gerações de 16 *megabytes* (1992, 0,5 μm) e 64 *megabytes* (1995, 0,35 μm). De acordo com Iansiti e West (1999, p. 393), “ela revela um impressionante avanço em projetos DRAM conduzidos pelas empresas americanas (IBM e Texas Instruments)”.⁹⁷ Os autores citam duas explicações para essa recuperação da competitividade americana: (i) as empresas americanas menos competitivas deixaram o mercado; (ii) a IBM e a TI mudaram a sua abordagem e aumentaram grandemente a *performance* das atividades de P&D.

A Figura 21 ilustra a evolução da *performance* de MPU utilizando o mesmo método. Nesse caso, os autores tratam apenas do Japão e dos EUA e dividem as empresas americanas em dois grupos: o primeiro inclui apenas a IBM e a Intel, e o segundo reúne todas as demais empresas, consideradas menos eficientes. Aqui também se pode ver uma trajetória de melhora da *performance* ao longo do tempo, mas apenas para a IBM e a Intel. As demais empresas americanas mantiveram um desempenho ruim, e as empresas japonesas conseguiram algum ganho, mas ficaram ainda bem abaixo das empresas líderes americanas.

⁹⁷ “it shows a striking improvement in DRAM projects conducted by U.S. firms (IBM and Texas Instruments)”.

Figura 21. Comparação da *performance* de microprocessadores, na década de 1990



Fonte: Iansiti e West (1999).

A recuperação da competitividade das empresas americanas em relação às rivais japonesas foi acompanhada, entretanto, pela emergência das empresas coreanas, especialmente no segmento de memórias. Em 1992, a Samsung foi a primeira empresa a lançar memórias DRAM de 64 *megabytes* e, em 1993, ela se tornou a empresa líder nesse segmento, apenas dez anos depois de entrar no setor.

Ainda nos anos 1970, diversas empresas (Fairchild, Signetics, Motorola e Toshiba) instalaram unidades de montagem na Coreia do Sul para aproveitar a mão de obra barata que o país oferecia, dando início à indústria de semicondutores naquele país. Entretanto, foi apenas nos anos 1980 que empresas coreanas se aventuraram no setor. Estas copiaram em parte a estratégia japonesa de inserção. Diferenças iniciais substanciais obrigaram-nas, contudo, a desenvolver um modelo próprio. A primeira diferença importante é que, enquanto as empresas japonesas detinham importantes capacitações tecnológicas, as empre-

sas coreanas eram retardatárias em todas as áreas relacionadas a semicondutores. A segunda diferença é que a Coreia não contava com um mercado local capaz de absorver a produção e, desde o início, as empresas coreanas miraram o mercado internacional.

Cho, Kim e Rhee (1998) também analisam o caso da Coreia do Sul com base no exame de três empresas – Samsung, Hyundai e LG – e sugerem quatro fatores para explicar o sucesso das empresas coreanas. De acordo com os autores, o primeiro fator foi a imitação do modelo japonês. Seguindo o exemplo do Japão, as empresas coreanas escolheram um segmento – memórias DRAM – e investiram em fábricas e tecnologias de processo no estado da arte com o objetivo de atingir a excelência produtiva. Cho, Kim e Rhee (1998, p. 498-499) explicam que:

A DRAM foi a escolha mais lógica para os *chaebols* coreanos por várias razões. Era a mais apropriada para produção em massa. Por ser um produto-padrão, exigia pouca capacidade de projeto, e o intenso processo de aprendizagem prometia economias de escala significativas. A força ou competência tradicional dos *chaebols* coreanos estava na fabricação em massa de produtos padronizados. Além disso, seus diversos negócios, muitas vezes não relacionados, permitiram subsídios cruzados do investimento maciço necessário na fabricação de DRAM.⁹⁸

Diferentemente do caso japonês, porém, a ausência de mercado cativo fez as empresas coreanas pularem diretamente para a fase de produção em massa. Outra diferença é que as empresas coreanas não apostaram em tecnologias novas, em parte, porque havia menos opor-

⁹⁸ DRAM was the most logical choice for Korean chaebols for several reasons. It was the best candidate for mass production. Being a standard product, it required little design capability and the steep learning curve promised significant scale economies. The traditional strength or competence of Korean chaebols had been in mass manufacturing of standardized products. In addition, their diverse, often unrelated, businesses allowed cross-subsidization of the massive investment required in DRAM manufacturing.

tunidades em aberto e, em parte, porque não investiam tanto em P&D e não dispunham de capacitações técnicas prévias.

O segundo fator apontado por Cho, Kim e Rhee (1998) consiste em um conjunto de características específicas da Coreia. Em primeiro lugar, os dirigentes das empresas demonstraram grande espírito de liderança e traçaram estratégias empreendedoras.

Sem nenhuma experiência individual e organizacional anterior relacionada a semicondutores, nenhuma demanda significativa por semicondutores no mercado doméstico e um grande investimento inicial, a entrada das empresas coreanas na produção em larga escala de semicondutores pode ser explicada apenas pela simples determinação de mudar a direção estratégica [...] ⁹⁹ (CHO; KIM; RHEE, 1998, p. 499).

Parte do empreendedorismo, entretanto, se justifica pela inexperience no setor e pela inexistência de questionamento, na empresa, das decisões tomadas pelos dirigentes.

Além disso, a inexperience das empresas coreanas as levou a investir em momentos de retração da indústria, incorrendo em grandes riscos, mas aumentando o potencial de conquista de mercado durante a recuperação da demanda. As empresas coreanas também se beneficiavam da experiência nacional em construir fábricas rapidamente, em até metade do tempo usual. Por fim, outra característica intrínseca ao país era o desejo dos coreanos que estavam residindo fora do país em retornar. Assim, houve um processo expressivo de transferência de tecnologia quando uma série de trabalhadores que haviam ido aos EUA para fazer doutorado e trabalhar em empresas do setor voltaram para a Coreia.

⁹⁹ With no prior individual and organizational experience related to semiconductors, no significant demand for semiconductors in the domestic market, and a huge initial investment, Korean companies' entry into full-scale semiconductor production can be explained only by their sheer determination to change strategic direction [...]

O terceiro fator é a presença, assim como no Japão, de rivalidade doméstica e apoio governamental.

A rivalidade doméstica entre *chaebols* foi tão generalizada e intensa que uma das maiores preocupações na tomada de decisões estratégicas em um *chaebol* coreano típico era o impacto potencial em sua posição em relação a outros *chaebols* e a oportunidade de avançar¹⁰⁰ (CHO; KIM; RHEE, 1998, p. 500).

No que diz respeito ao apoio governamental, o primeiro programa de apoio à indústria de semicondutores foi lançado em 1982. Em 1986, a Coreia do Sul lançou um projeto semelhante ao VLSI Project japonês.

Por fim, o quarto fator é a disputa comercial entre EUA e Japão na segunda metade dos anos 1980. Quando esses dois países entraram em acordo, muitas empresas americanas já haviam saído do mercado e as empresas japonesas haviam decidido investir na memória de um *megabyte*, o que abriu espaço para as empresas coreanas no fornecimento de memórias das gerações anteriores.

Outro país que adentrou a indústria de semicondutores na década de 1970 e assumiu uma posição proeminente nos anos 1990 foi Taiwan. A estratégia de Taiwan foi criar uma indústria desverticalizada, ou seja, as empresas deveriam se dedicar a apenas uma atividade (*design*, fabricação, encapsulamento ou teste), em vez de tentar dominar todas as etapas.

O governo de Taiwan decidiu priorizar a indústria de semicondutores em 1974. No ano anterior, o governo havia criado o Industrial Technology Research Institute (ITRI), um instituto de pesquisa com mais de dez laboratórios, entre eles a Electronic Research and Service Organization (ERSO), que trabalhava especificamente com semicondu-

¹⁰⁰ Domestic rivalry among chaebols was so pervasive and intense that one of the most important concerns in strategic decision making at a typical Korean chaebol was the potential impact on its position in relation to other chaebols and the opportunity to leapfrog.

tores. Cabe salientar que o ITRI não era diretamente ligado ao governo, mas uma instituição privada independente que recebia recursos governamentais (principalmente do Ministério de Assuntos Econômicos de Taiwan) e realizava pesquisa sob demanda para o governo (HU, 2003).

A ERSO escolheu, tendo em vista que não havia capacitação técnica relevante no país, como forma de ingresso no setor, a aquisição de tecnologia no exterior. O laboratório fechou um contrato com a americana RCA para adquirir a tecnologia de fabricação CMOS de 7 μm . Em 1975, a tecnologia foi transferida e uma fábrica foi montada em Taiwan com a ajuda da RCA. Em 1980, depois de a ERSO ter trabalhado durante alguns anos para desenvolver sua própria tecnologia, o governo decidiu criar uma empresa, a United Microelectronics Corporation (UMC). Como nenhuma empresa comercial se interessou no negócio, o governo financiou parte da empresa e obrigou os bancos taiwaneses a financiar o restante. A ERSO transferiu para a UMC tecnologia e mão de obra treinada e ajudou a empresa a construir a sua primeira fábrica (HU, 2003).

Logo o governo decidiu que era preciso criar mais empresas. Como a iniciativa privada ainda estava temerosa, o governo novamente financiou uma parte substancial do projeto. Entretanto, o governo decidiu que a sua parcela não ultrapassaria 50% do investimento. Ao não encontrar investidores nacionais suficientes, ele procurou a Philips, que concordou em ser sócia e aportou 35% do capital necessário para o empreendimento. Assim, em 1987, foi fundada a TSMC. Novamente, a ERSO forneceu a tecnologia e a mão de obra. Além disso, a TSMC foi criada desde o início para ser uma *dedicated foundry*: “A TSMC não tinha produto, apenas a tecnologia fabril, que combinava bem com a ideia de uma foundry pura”¹⁰¹ (HU, 2003, p. 154).

¹⁰¹ “TSMC had no product, only the fab technology, which matched well with the idea of a pure-play foundry.”

Em 1987, uma terceira empresa – Winbond – foi fundada, dessa vez por iniciativa do setor privado e sem participação de recursos governamentais. A tecnologia e a mão de obra, entretanto, foram fornecidas pela ERSO. Hu (2003, p. 154) relata que

a princípio, ninguém queria investir dinheiro, mas uma vez formada a TSMC, algumas empresas julgaram que isso era factível e investiram dinheiro suficiente para criar a terceira empresa. Depois disso, uma nova empresa foi criada quase todos os anos, e muitas foram derivadas da ERSO. A ERSO continuou a ser a fonte de recursos humanos para a indústria.¹⁰²

Em 1994, com a criação da Vanguard, Taiwan entrou no segmento de memórias. Essa empresa surgiu como resultado de um projeto governamental iniciado em 1990, no qual o governo contratou a ERSO para desenvolver a tecnologia CMOS de 0,5 μm e aplicá-la na produção de memórias SRAM de quatro *megabytes* e DRAM de 16 *megabytes*. Por meio do desenvolvimento desses produtos, a empresa foi fundada e o aporte inicial do governo ao projeto (US\$ 100 milhões) foi convertido em ações. Dois anos depois, as ações Vanguard valiam US\$ 400 milhões, e seu sucesso inspirou o setor privado a investir no segmento de memórias.

Hu (2003, p. 155) salienta que o papel do Estado foi fundamental no desenvolvimento da indústria de semicondutores taiwanesa, principalmente no que se refere a investimento em P&D. A participação do governo nos gastos totais da indústria com P&D, no entanto, diminuiu nos anos 1990, passando de 44% no início da década para apenas 6,5% em 1999. Isso é resultado não de uma redução drástica nos recursos aplicados pelo governo, mas de um reflexo do aumento do investimento realizado pelo setor privado.

¹⁰² at first no one wanted to put money in, but once TSMC was formed some companies thought it probably was doable and put enough money in to create the third company. After that a new company started almost every year, and many were spinoffs from ERSO. ERSO continued to be the source of human resources for the industry.

[...] o governo desempenhou um papel proativo e essencial no estabelecimento da indústria de CI nos últimos vinte anos. O ponto de virada ocorreu por volta de 1994, quando a Vanguard foi desmembrada e a indústria começou a desempenhar um papel de liderança em P&D¹⁰³ (HU, 2003, p. 155).

O país que, no momento, chama a atenção no que diz respeito a políticas de incentivo à indústria de semicondutores é a China. A primeira iniciativa do governo chinês para incentivar a indústria de semicondutores foi realizada nos anos 1990. O setor recebeu financiamento e incentivos diversos, mas eles foram direcionados majoritariamente para a academia e para atividades de pesquisa. Além disso, os investimentos foram fragmentados: o governo investiu em 130 fábricas, espalhadas em mais de 15 províncias. Assim, nenhuma unidade conseguiu desenvolver economias de escala e escopo e não surgiram iniciativas em áreas de suporte à indústria de semicondutores. Dessa forma, a iniciativa não obteve grande êxito. Atualmente, a China desponta como um grande consumidor de componentes semicondutores, chegando a ser responsável por metade da demanda mundial. Entretanto, do ponto de vista produtivo, a China ainda não é um *player* importante, e menos de 10% da demanda chinesa é atendida por *chips* desenvolvidos e produzidos localmente (KING, 2015).

A China está determinada, porém, a reduzir a sua dependência de tecnologia estrangeira. Em junho de 2014, o governo anunciou uma nova política para semicondutores. A National Guidelines for Development and Promotion of the Integrated Circuit Industry previu investimentos da ordem de CN¥ 1 trilhão (cerca de US\$ 170 bilhões na

¹⁰³ the government has played a proactive and pivotal role in establishing the IC industry over the past 20 years. The turning point came around 1994, when Vanguard was spun off and industry started to play a leading role in R&D.

época) até 2014, com o objetivo de desenvolver o setor, fortalecer produtores locais e elevar para 20% a taxa média de crescimento anual do setor entre 2014 e 2020 (KING, 2015; ORR; THOMAS, 2014).

A política chinesa estabeleceu objetivos ambiciosos, como pode ser visto na Figura 22. Em 2015, o governo anunciou uma nova política – chamada Made in China 2025 –, cujo objetivo é elevar a taxa de autossuficiência (que, apesar de não haver uma definição clara, pode ser entendida como o percentual da demanda chinesa atendido por produção local) para 40% em 2020 e 70% em 2025. Caso as metas sejam atendidas, há consequências importantes:

[...] essas metas indicam claramente que o governo tem grandes ambições. [...] Se os fabricantes chineses atingirem as metas de autossuficiência para 2025 que o governo estabeleceu para esse segmento, *praticamente todo o aumento global de capacidade das foundries nos próximos dez anos teria que ser na China*¹⁰⁴ (THOMAS, 2015, p. 9, grifos nossos).

De acordo com Thomas (2015, p. 8), a iniciativa atual difere da anterior de três maneiras:

- (i) O investimento governamental é quarenta vezes maior que as metas anteriores [...].
- (ii) Há um foco maior na criação de vencedores do segmento, ou campeões nacionais, por meio de fusões e aquisições e outros movimentos de consolidação.
- (iii) O governo está adotando uma abordagem de investimento mais baseada no mercado, dando às em-

¹⁰⁴ [...] these targets clearly indicate that the government has ambitious aspirations. [...] If Chinese manufacturers were to hit the 2025 self-sufficiency goals the government has laid out for this segment, roughly all incremental foundry capacity installed globally over the next ten years would have to be in China.

presas locais de private equity a responsabilidade de alocar fundos públicos [...].¹⁰⁵

Figura 22. As metas da política chinesa para a indústria de semicondutores

By 2015	By 2020	By 2030
<p>Integrated-circuit (IC) industry overall revenue (design, manufacturing, packaging, and testing) exceeds 350 billion yuan (about \$55 billion)</p> <p>Volume production of 32- and 28-nm chips</p> <p>Wireless and telecom IC design capabilities approach world-class level</p> <p>>30% of total packaging and testing revenues come from middle-to high-end products</p> <p>45- to 65-nm semiconductor equipment in production; 12-inch silicon wafers and other key materials in production</p>	<p>Compound annual growth rate of revenues ≥20%</p> <p>Volume production of 16/14-nm chips</p> <p>World-class IC design in applications such as wireless, telecommunications cloud computing, internet of things, and big data</p> <p>World-class packaging and testing technology</p> <p>Integration of key equipment and consumables from China into global supply chain</p> <p>Development of advanced, safe and secure IC industry value chain</p>	<p>World-class IC industry value chain</p> <p>Set of leading companies considered tier 1 players in global semiconductor market</p>

Fonte: Thomas (2015).

Nesse cenário, as empresas estrangeiras se veem obrigadas a formar *joint ventures* com empresas locais para garantir acesso ao mercado chinês. “Mesmo as empresas mais avançadas no negócio de \$ 300

¹⁰⁵ (i) The government’s investment is 40 times higher than previous targets [...]. (ii) There is a greater focus on creating segment winners, or national champions, through M&A and other consolidating moves. (iii) The government is adopting a more market-based investment approach by giving local private-equity firms responsibility for allocating public funds [...].

bilhões de chips estão gastando mais e compartilhando mais tecnologia para continuar expondo seus produtos na China”¹⁰⁶ (KING, 2015). No entanto, essa parceria pode não ser duradoura.

A vantagem dos fabricantes de *chips* estrangeiros é a experiência na construção e operação das fábricas essenciais ao setor. [...] Até que as empresas chinesas consigam alcançar a tecnologia e os projetos dos parceiros estrangeiros, precisarão de ajuda, diz Rajiv Ramaswami, chefe de *chips* de rede da Broadcom. “Eles nos usam não porque nos amam, mas porque precisam de nós”, diz ele. “No minuto em que isso mudar, estamos fora”¹⁰⁷ (KING, 2015).

Thomas (2015, p. 10) cita alguns exemplos de parcerias já em andamento:

A Qualcomm anunciou que fará parceria com a SMIC em produtos de 28 nanômetros e no desenvolvimento de tecnologia de processo de 14 nanômetros.

A UMC está colaborando com o governo de Xiamen e o Fujian Electronics and Information Group em um investimento de US\$ 6,2 bilhões em uma foundry.

A Intel investiu US\$ 1,5 bilhão em uma subsidiária do Tsinghua Unigroup, dono da RDA e da Spreadtrum, duas das maiores empresas de design sem fábricas.¹⁰⁸

¹⁰⁶ “Even the most advanced companies in the \$300 billion chip business are spending more cash and sharing more technology so they can keep hawking their wares in China”.

¹⁰⁷ The foreign chipmakers’ advantage is experience in building and operating the factories that drive the business. [...] Until Chinese companies can match the technology and designs of foreign partners, they’ll need help, says Rajiv Ramaswami, head of networking chips at Broadcom. “They use us not because they love us, but because they need us,” he says. “The minute that stops, we’re out”.

¹⁰⁸ Qualcomm announced that it will partner with SMIC on 28-nanometer products and 14-nanometer process-technology development. UMC is collaborating with the Xiamen government and Fujian Electronics and Information Group on a \$6.2 billion investment in a foundry. Intel invested \$1.5 billion in a subsidiary of Tsinghua Unigroup, which owns RDA and Spreadtrum, two of the largest fabless design companies.

Para concluir, cabe notar que, em todos os países analisados nesta breve exposição, a indústria de semicondutores foi fortemente apoiada pelo governo.

A indústria de semicondutores nunca esteve livre da mão visível da intervenção governamental. A vantagem competitiva na produção e no comércio foi fortemente influenciada pelas escolhas de políticas, particularmente nos EUA e no Japão¹⁰⁹ (TYSON, 1992 *apud* WESSNER, 2003, p. 35).

Mais do que isso, os governos dos países analisados ambicionavam não apenas entrar na indústria de semicondutores, mas também se tornar *players* relevantes ou mesmo líderes em determinado segmento. Outros fatores comuns às experiências analisadas e que se mostraram essenciais para o pleno desenvolvimento do setor são a resposta empresarial aos incentivos e a percepção, governamental e empresarial, de que a cooperação é fundamental para a continuidade do progresso tecnológico.

3.5 Considerações finais

À guisa de conclusão, ressaltam-se alguns pontos. A indústria de semicondutores apresenta uma taxa de crescimento anual histórica elevada quanto a faturamento, ainda que extremamente instável. O ano de 2015, por exemplo, foi de crescimento lento. Além disso, o setor é dominado por grandes empresas, que controlam uma parcela crescente do mercado. Em relação à distribuição geográfica, 50% do mercado é atendido por empresas americanas, mas apenas 14% da capacidade instalada está

¹⁰⁹ The semiconductor industry has never been free of the visible hand of government intervention. Competitive advantage in production and trade has been heavily influenced by policy choices, particularly in the United States and Japan.

nos EUA. Taiwan e Coreia do Sul lideram em capacidade instalada, com mais de 20% cada.

Uma característica fundamental da indústria de semicondutores é a rápida evolução tecnológica. Por mais que não seja possível afirmar se – e por quanto tempo – a Lei de Moore continuará valendo, a tendência é que a busca por desempenho crescente e custo decrescente permaneça. Nesse ambiente, as empresas são obrigadas a investir uma parcela expressiva do seu faturamento em P&D para serem competitivas. Como resultado, este é o setor da indústria manufatureira que mais investe em P&D. A rápida evolução tecnológica impõe custos crescentes não apenas em P&D, mas também na construção das fábricas e na atividade produtiva cotidiana. Assim, cada vez menos empresas estão investindo em fábricas no estado da arte. Além disso, esses custos crescentes incentivaram a especialização vertical – o modelo *fabless-foundry*.

Outra característica importante desse setor é o apoio governamental que ele recebe. O breve panorama histórico da indústria de semicondutores mostrou isso e, mais ainda, que esse apoio pode se manifestar de diversas formas. Quando do surgimento da indústria, nos EUA, o apoio se deu por meio das compras governamentais, especialmente as militares. O Estado foi o primeiro e principal cliente da indústria de semicondutores, e sua demanda era estável, segura e em larga escala. Anos depois, quando a liderança das empresas americanas começou a ser desafiada por empresas de outros países, o governo assumiu outro papel, o de coordenador e articulador, e criou o Sematech, para incentivar as empresas a cooperar e avançar juntas. Além disso, o Sematech é, como foi discutido no Capítulo 2, um exemplo de política de desenvolvimento adotada por um país já desenvolvido, ou seja, uma evidência de que é preciso se esforçar para se manter competitivo e na liderança tecnológica.

No caso dos novos entrantes na indústria de semicondutores, o apoio governamental também foi fundamental. No Japão, o Estado atuou, em um primeiro momento, para proteger o nascimento da indústria. Posteriormente, ele passou a coordenar o desenvolvimento tecnológico das empresas locais, incentivando-as a desenvolver produtos mais avançados. Na Coreia do Sul, por outro lado, a tarefa de desenvolver o setor parecia mais árdua. Enquanto no Japão as empresas já detinham alguma capacitação tecnológica e a indústria eletrônica local garantia demanda interna, na Coreia não havia nenhuma das duas coisas. Mesmo assim, poucos anos depois do lançamento do primeiro programa de apoio governamental ao setor, a indústria de semicondutores coreana deslanchava em segmentos específicos, selecionados justamente em função das virtudes e deficiências locais. A estratégia do governo de Taiwan, por fim, foi criar um instituto de pesquisa para dominar as tecnologias de produção existentes – que começou com aquisição de tecnologia no exterior, mas avançou para desenvolvimento próprio – e prestar apoio técnico às empresas do setor. Além disso, as primeiras empresas taiwanesas foram criadas por iniciativa direta do governo, ainda que ele não fosse o único ou principal acionista.

É preciso lembrar, também, que outros fatores contribuíram para o sucesso das estratégias de inserção analisadas. Por um lado, o apoio governamental se deparou com ambientes empresariais profícuos, especialmente no Japão e na Coreia do Sul, e menos no caso de Taiwan, onde os empresários demoraram mais para apostar no setor. Por outro lado, as estratégias de inserção de *latecomers* se basearam também na rápida evolução tecnológica característica do setor, pois o surgimento de novas tecnologias criava oportunidades importantes para novos entrantes.

4. A política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil

O Brasil reconheceu, em pelo menos dois momentos distintos, a importância da indústria de semicondutores. Nos anos 1970, quando vários outros países estavam lutando para atrair e desenvolver tanto a indústria de semicondutores quanto a indústria eletrônica, o Brasil também estava construindo uma política de incentivo para ambas. Essa política foi implementada nos anos 1980 e abandonada na década seguinte, momento no qual predominaram políticas horizontais. Nos anos 2000, a relevância da indústria de semicondutores entrou novamente na pauta. O setor foi elevado à condição de setor estratégico na primeira política industrial lançada em anos, e uma nova política de incentivo surgiu.

O objetivo deste capítulo é descrever e analisar a política de incentivo à indústria de semicondutores que foi construída no Brasil a partir dos anos 2000. Essa política é composta por programas, estudos e instrumentos que foram surgindo ao longo dos anos e hoje compõem um quadro amplo de incentivos. Antes de entrar na discussão propriamente dita dessa política, cabe analisar brevemente qual era o cenário, quanto a iniciativas empresariais e governamentais, anterior aos anos 2000. Esse é o tema da Seção 4.1, reconhecendo que se assistiu nos últimos anos não ao nascimento da política de incentivo à indústria de semicondutores e da indústria em si, mas ao renascimento de ambas. Também é pertinente investigar o que motivou esse renascimento, e é disso que trata a Seção 4.2. A Seção 4.3, por sua vez, faz uma revisão da literatura sobre a indústria de semicondutores no Brasil e as políticas de incentivo, com o intuito de resgatar o diagnóstico existente. A Seção 4.4 trata, então, do objeto central deste capítulo. A Seção 4.5 analisa e discute as políticas apresentadas na seção anterior, comparando-as e avaliando-as. A Seção 4.6, por fim, traz algumas considerações finais.

4.1 As iniciativas empresariais e governamentais anteriores aos anos 2000

A história da indústria de semicondutores no Brasil remonta aos anos 1960 e 1970. As primeiras atividades de pesquisas se iniciaram com a criação do Laboratório de Microeletrônica (LME) da Universidade de São Paulo (USP) em 1968 e do Laboratório de Eletrônica e Dispositivos¹¹⁰ da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) em 1974. Do ponto de vista produtivo, a primeira fábrica a operar no Brasil foi uma unidade de montagem e teste de CIs da Philco, inaugurada em 1964. No ano seguinte, essa empresa inaugurou ainda uma unidade de *back-end*. Esses empreendimentos configuraram, de acordo com Silva (1985), um movimento de verticalização da produção por parte das duas maiores fabricantes de equipamentos de entretenimento instaladas no país naquela época. Além dessas, a Semikron também inaugurou uma fábrica no país, em 1967, mas de fabricação de componentes discretos.

Em meados da década de 1970, diversas outras empresas se instalaram no país, incluindo filiais das principais empresas da indústria mundial de semicondutores, tais como TI, Fairchild e NEC. A indústria mundial de componentes eletrônicos atravessava um momento de descentralização da produção e estava deslocando as etapas de montagem final, que eram intensivas em processamento manual, para países onde o custo da mão de obra era menor. Ademais, o Brasil apresentava um grande mercado interno (real e potencial) e havia uma política governamental de incentivos fiscais. Nesse período, surgiu a primeira unidade de difusão de CIs no Brasil, uma fábrica da RCA em Contagem (MG),

¹¹⁰ Atualmente chamado Centro de Componentes Semicondutores e Nanotecnologias (CCSNano).

inaugurada em 1974,¹¹¹ que produzia componentes de potência e componentes para autorrádios. Em 1980, a RCA e a Philco formaram uma *joint venture* no Brasil, e a Philco passou a operar essa unidade.

Na década de 1970, surgiu o primeiro empreendimento brasileiro na indústria de semicondutores, a Transit. A empresa foi fundada em 1971 por Hindemburgo Pereira Diniz e Ricardo José de Freitas e contava com a participação do BNDES e com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Telebras. A fábrica foi inaugurada em 1974 e pretendia produzir CIs com tecnologia nacional desenvolvida pelo LME da USP. Em 1976, entretanto, a empresa se viu forçada a recorrer à tecnologia estrangeira e assinou um contrato de transferência de tecnologia e assistência técnica com a SGS-ATES. Em 1978, a Transit dominou a técnica de difusão do silício em escala industrial, mas paralisou suas operações dois anos depois. Silva (1985) distingue os seguintes motivos para o fracasso da Transit:

- a falta de uma política oficial declarada;
- a inexperiência dos grupos universitários em repassar conhecimento para a indústria;
- a má localização da empresa,¹¹² distante dos compradores e do parceiro tecnológico;
- a falta de suporte financeiro; e
- a falta de garantia de mercado, o que forçava a empresa a concorrer com as grandes multinacionais instaladas no país.

¹¹¹ Nessa mesma época, a RCA firmou um acordo de transferência de tecnologia com a ERSO em Taiwan, conforme foi descrito no Capítulo 3.

¹¹² A empresa escolheu se instalar em Montes Claros, no norte de Minas Gerais, em função dos incentivos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene).

Por outro lado,

[...] a experiência da Transit foi positiva no sentido de formar novos profissionais na área de microeletrônica, assim como foi importante para alertar para a natureza e a extensão das dificuldades a serem enfrentadas por qualquer empreendimento nacional na indústria de componentes semicondutores (SILVA, 1985, p. 170-171).

Dessa forma, no início dos anos 1980, havia mais de vinte fabricantes de componentes eletrônicos – semicondutores e passivos – instaladas no Brasil. A maior parte dessas empresas, no entanto, realizava apenas a montagem final e o teste dos componentes. “Apenas a RCA/Philco e a Semikron realizavam localmente a difusão de componentes” (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 6). Esse cenário foi profundamente alterado quando a Secretaria Especial de Informática (SEI) lançou uma política para o segmento de componentes eletrônicos, com a intenção de fortalecer empresas nacionais. Essa política foi motivada pelo entendimento de que só seria possível obter capacitação tecnológica por meio de empresas nacionais, uma vez que as empresas estrangeiras mantinham os seus centros de P&D nos países desenvolvidos.

Independente do tamanho do mercado, deter autonomia tecnológica nesta área se reveste de importância estratégica para os rumos da indústria nacional de equipamentos eletrônicos finais, de modo que a questão não passa apenas por uma avaliação da potencialidade do mercado, mas, principalmente, pela definição do modelo de desenvolvimento industrial que se pretende para o país (SILVA, 1985, p. 164).

Assim, a SEI passou, por um lado, a exercer um rigoroso controle dos investimentos estrangeiros, impedindo a vinda para o Brasil de novos fabricantes e dificultando a importação de bens de capital por

parte das empresas já instaladas, condenando-as à obsolescência tecnológica. Por outro lado, a secretaria selecionou três grupos nacionais para produzir CIs: em 1981, os grupos Docas e Itaú, e, em 1984, o grupo Sharp. Esses grupos fundaram, respectivamente, as empresas Elebra Microeletrônica, Itautec Componentes (também conhecida como Itaucom) e SID Microeletrônica, que realizariam no país todas as etapas da fabricação de CIs (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001).

Complementando essa seleção, foi criado o Centro Tecnológico para Informática (CTI) [em 1982], cujo objetivo era a promoção do desenvolvimento tecnológico associado à informática. Trabalhando em conjunto com universidades, centros de pesquisa e indústrias, o CTI atuaria em microeletrônica, automação, instrumentação e computação. Como parte de suas atribuições no tocante à microeletrônica, confeccionaria as máscaras para litografia – etapa crítica da fabricação de semicondutores –, a serem utilizadas pelas três fabricantes brasileiras de CIs (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 16-17).

Contudo, a negociação entre o governo e as empresas escolhidas sobre um pacote de incentivos nunca foi concluída, apesar de a Lei de Informática, que institucionalizava a reserva de mercado e a possibilidade de concessão de incentivos fiscais, ter sido aprovada em outubro de 1984 (BRASIL, 1984). Isso se deu por diversos motivos, alguns internos, como o fracasso do Plano Cruzado e a crescente insatisfação do setor privado com a reserva de mercado, e alguns externos, como as pressões exercidas por outros países para que o Brasil não limitasse a atuação de empresas estrangeiras.

Mesmo assim, a Itaucom e a SID começaram, individualmente, a dar os primeiros passos para instalar uma indústria de semicondutores no país. A Itaucom criou uma estrutura de projeto de ASICs e implantou uma linha de encapsulamento de memórias. A SID absorveu uma empresa de

projeto de ASICs, chamada Vértice, que havia sido criada em Campinas alguns anos antes por um grupo de pessoas oriundas do CPqD, e adquiriu uma linha de fabricação de semicondutores – difusão e encapsulamento de circuitos digitais de baixa complexidade – da Philco, que estava se retirando do país. “Essa foi a única empresa, até hoje, a realizar o ciclo completo de produção de CIs no Brasil” (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 17). A SID Microeletrônica inicialmente atuou no mesmo mercado da Philco e, com o tempo, passou a produzir outros componentes automotivos.

Com o advento do Governo Collor, a política econômica foi profundamente alterada, impactando tanto a indústria eletrônica quanto a indústria de componentes.

O fim da reserva de mercado e a abrupta abertura comercial que se seguiu fizeram com que, no início da década de 90, o setor de informática brasileiro quase desaparecesse, sendo substituído por importações de equipamentos. As empresas mais sólidas passaram de fabricantes a prestadoras de serviços, mantendo-se, no máximo, como desenvolvedoras de *software* ou especialistas em nichos de mercado, como a automatização bancária, por exemplo. A grande maioria, entretanto, simplesmente fechou suas portas. A situação atingiu tal gravidade que foram criados pela Lei 8.248, de 23.10.91, novos instrumentos de incentivo à produção interna de bens e serviços de informática, automatização e telecomunicações de base digital. [...] Tais incentivos foram responsáveis pela permanência ou instalação no país de muitos empreendimentos nos diversos setores do complexo eletrônico, o que permitiu o atendimento à demanda interna da maioria dos produtos acabados, porém sempre com elevado conteúdo de importações e, praticamente, sem a realização de exportações expressivas [...] (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 17-18).

No segmento de componentes eletrônicos, quase todas as unidades de fabricação foram fechadas.

Em particular, foram afetadas todas as três iniciativas de produção do ciclo completo de CIs eleitas pela SEI [...]. Uma vez extintas as empresas que projetavam bens de informática, foi extinta também a Vértice, assim como a estrutura de projetos de semicondutores da Itaucom, a qual manteve sua linha de encapsulamento de memórias. Já a SID Microeletrônica gradativamente diminuiu seu ritmo de produção até encerrar as atividades em outubro de 2000.^[113]

A Asga, empresa controlada por antigo executivo da Elebra Microeletrônica, abandonou a produção de componentes optoeletrônicos, cuja tecnologia havia sido desenvolvida pelo CPqD. Quanto às fabricantes estrangeiras, viram-se frente à competição com similares importados, oriundos de plantas mais modernas e com maior grau de concentração, ao mesmo tempo em que fechavam as portas diversos de seus clientes brasileiros. A transferência de quase todas as fábricas para outros países foi imediata (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 18).

No segmento de componentes, o efeito da mudança na política econômica do Governo Federal foi severo, porque ela coincidiu com o momento, no cronograma das empresas, em que seriam realizados importantes investimentos. Ademais, a equipe econômica do governo, quando procurada pelas empresas do setor, não aprovou os incentivos que seriam necessários para a viabilização dos investimentos. Segundo o relato de uma das autoridades entrevistadas nesta pesquisa, o movimento

¹¹³ *A situação da SID Microeletrônica foi agravada também pelo falecimento do presidente do grupo Sharp, Matias Machline, em 1994, e pela consequente decadência das empresas do grupo.*

de abertura poderia ser benéfico para a indústria de componentes semicondutores, caso fosse acompanhado por uma política de incentivos.

Então, apesar de um movimento de abertura que simplificava em parte os procedimentos de importação, reduzia os tributos e promovia uma certa abertura do mercado, não houve [...] a continuidade dessa política, no sentido de apoiar o setor produtivo no investimento seguinte que seria necessário (Entrevistado E).

Cabe mencionar alguns movimentos dissonantes na década de 1990. Em 1997, foi criada a DH Idea! Electronic Systems. Em 1998, a Motorola criou um centro cativo de projetos de CIs no Brasil para realizar projetos de ASICs para o mercado mundial. Em 1999, foi criado o Instituto Eldorado, um centro de pesquisa, desenvolvimento e inovação em produtos eletrônicos que trabalhava em parceria com a Motorola oferecendo cursos de treinamento de projetistas. Nos anos seguintes, o Eldorado passou a trabalhar também com projeto de CIs. Outro movimento dissonante foi a permanência de Semikron no segmento de componentes semicondutores discretos.

Assim, no início dos anos 2000, havia, no Brasil, cinco empresas e duas instituições atuando na indústria de semicondutores. No segmento de componentes discretos, que representava um mercado interno de cerca de US\$ 20 milhões, havia a Semikron, que supria metade do mercado, e a Aegis, que atendia a uma pequena parcela; o restante do mercado era abastecido por importações. A Aegis, entretanto, encerrou suas atividades por volta de 2010. No segmento de memórias, havia a Itaucom, que realizava o encapsulamento e teste de memórias e a montagem final dos módulos e tinha como parceira tecnológica a Philco. A Itaucom detinha 40% do mercado nacional de módulos de memória, e a única concorrente brasileira era a NEC, que importava as memórias

prontas e apenas montava os módulos internamente. A Itaucom também encerrou as suas atividades, em meados dos anos 2000. Na área de projeto, havia a DH Idea!, o centro cativo da Motorola, as atividades de treinamento de projetistas e de *design* no Instituto Eldorado e as atividades de *design* do CTI, fundado na década de 1980, que continuou realizando também pesquisa em microeletrônica.

4.2 O renascimento da política para semicondutores no Brasil

Os anos 2000 assistiram, não obstante, ao renascimento de uma política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil. Três fatores razoavelmente independentes, mas interconectados, contribuíram para esse renascimento. Em primeiro lugar, alguns segmentos da sociedade demandavam iniciativas por parte do governo. O Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva do Complexo Eletrônico, instituído em 2000, diagnosticava que a indústria de componentes eletrônicos, em especial a indústria de semicondutores, era o elo mais ausente no complexo eletrônico e que isso prejudicava a competitividade da indústria brasileira.

O grande desafio que se apresenta hoje para o complexo eletrônico brasileiro é a redução de seu déficit comercial, seja incrementando as exportações como seus segmentos constituintes, seja por meio da substituição competitiva das importações. Este último objetivo confunde-se com o adensamento da cadeia produtiva, uma vez que o foco principal de deterioração da balança comercial setorial tem sido o forte crescimento do patamar das importações de componentes, partes e peças incorporados na montagem de produtos e sistemas de informática, telecomunicações e eletrônica de consumo. De fato, *o arcabouço institucional,*

que regula esse complexo no Brasil, tem permitido níveis de proteção e estímulo consideráveis à montagem local de produtos finais, sem que essas condições se reproduzam no que diz respeito a seus componentes, partes e peças, cuja proteção se tem limitado ao mix tarifa/câmbio (BRASIL, 2000, p. 4, grifos nossos).

Esse fórum – que tinha como membros permanentes a Secretaria de Desenvolvimento da Produção do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic), a Secretaria de Política de Informática do MCTI, o Ministério das Comunicações, a Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, o BNDES, a Finep, a Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), a Fundação Eletrobrás de Seguridade Social (Eletros) e sindicatos de trabalhadores – propôs algumas ações, ainda em 2000, dentre as quais se destacam:

- Promover um estudo para identificar os componentes prioritários com maiores perspectivas de produção e consumo locais.
- Aumentar os esforços de capacitação de recursos humanos na área de componentes eletrônicos.
- Articular um amplo conjunto de medidas de fomento à produção e à competitividade do segmento de componentes eletrônicos, visando a substituição competitiva de importações.
- Apoiar projetos de desenvolvimento tecnológico que envolvam participantes localizados em elos distintos da cadeia produtiva, de forma a estreitar as relações produtor-usuário e facilitar o adensamento da cadeia produtiva.
- Criar estímulos adicionais aos segmentos produtores de bens finais do complexo eletrônico para estimular novos investimentos.

Outro segmento da sociedade que demandava iniciativas por parte do governo era a comunidade acadêmica. Esta advogava em prol do setor ao MCTI, que compreendia a importância dele. Como resposta, o ministério coordenou a elaboração de alguns documentos, que vieram a formar o Plano Nacional de Microeletrônica. Parte expressiva desses documentos, como será visto mais adiante, compreendia ações de formação de recursos humanos e incentivo à pesquisa científica em universidades e centros de pesquisa.

O segundo fator foi a realização de estudos sobre o setor de componentes eletrônicos na Gerência Setorial do Complexo Eletrônico do BNDES.¹¹⁴ Um desses estudos (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001) buscou não apenas indicar a importância da indústria de semicondutores para o adensamento da cadeia produtiva, mas também caracterizar tecnicamente o setor e entender melhor o seu funcionamento e a sua organização. Cabe resgatar alguns trechos desse documento.

O diagnóstico de Melo, Rios e Gutierrez (2001, p. 4, grifos nossos) era claro:

Sobressai do trabalho a *importância crescente dos circuitos integrados*, cada vez embutindo maior capacidade de armazenamento e/ou processamento de informações e que concentram o maior dinamismo tecnológico do setor [...]. *Fica patente a necessidade de atração, para o Brasil, de empresas fabricantes de componentes com atuação global*, que possam não só suprir parcela significativa do mercado interno, mas também efetuar exportações significativas, de forma a atenuar os crescentes déficits da balança comercial do complexo eletrônico.

¹¹⁴ Hoje Departamento de Tecnologia da Informação e Comunicação.

Ele levava, entretanto, à constatação de que era necessário formular uma política industrial para reverter o quadro.

Verificando-se que o *complexo eletrônico* – assim chamado pela intensa sinergia entre seus variados segmentos – reúne os *únicos setores de efetivo peso econômico cuja cadeia produtiva ainda não está efetivamente implantada* no país, é fácil concluir-se pela necessidade da existência de uma forte indústria local de componentes. Entretanto, tal conclusão coloca o Brasil frente a uma *decisão histórica* – a *formulação de uma nova política industrial* (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 6, grifos nossos).

Afirmava-se, explicitamente, que a ação governamental era imprescindível.

O problema central do complexo eletrônico está na sua balança comercial, sem solução conjuntural à vista, ou seja, *condições de mercado, simplesmente, não irão resolver o problema* do déficit crescente. *Cabe, ao contrário, uma ação governamental articulada*, no sentido de atrair novos fornecedores, muitos certamente de âmbito global (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 50, grifos nossos).

Apontava-se também que era preciso atrair o ciclo completo de fabricação para o Brasil.

Um último ponto refere-se à importância de cada etapa na produção de CIs: é recomendável a busca do ciclo completo de fabricação no Brasil, pois apenas as etapas chamadas de *back-end* (encapsulamento e testes) ou a realização do projeto no Brasil não garantirão necessariamente a superação dos problemas na balança comercial, tendo em vista que *etapa de processamento físico-químico* (hoje representada principal-

mente pela chamada difusão) responde, seguramente, pela maior parcela do valor agregado (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 51, grifos nossos).

Em 2003, o primeiro e o segundo fator se unem quando MCTI e Mdic solicitam que o BNDES coordene novos estudos, de forma a aprofundar o conhecimento dos agentes públicos sobre o setor e subsidiar a formulação de uma estratégia.¹¹⁵ O próprio artigo de 2001 (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 51) já alertava que a contratação de um estudo era necessária para que se pudesse identificar e priorizar os investimentos a serem atraídos e que a priorização deveria levar em consideração “o balanço de divisas de cada empreendimento – e não só a balança comercial –, assim como a sua maior ou menor inserção na cadeia produtiva e tecnológica do país” (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 51).

Por fim, o terceiro fator que contribuiu para o ressurgimento de uma política de incentivo à indústria de semicondutores foi a doação de alguns equipamentos pela Motorola. Em 1999, a Motorola Semicondutores decidiu doar uma linha de produção de CIs usada para o Brasil. Inicialmente, a empresa procurou a USP e a Unicamp, que, ao receberem a proposta, elaboraram um projeto para instalar um laboratório de prototipagem de *chips* dentro da USP. No entanto, por mais que os equipamentos fossem doados, a construção do laboratório e da sala limpa¹¹⁶ exigiria recursos vultosos. As universidades solicitaram os recursos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), mas tiveram o pedido negado.

¹¹⁵ *De forma alguma, deseja-se apontar que esses órgãos não trabalhavam em conjunto anteriormente. Apenas utiliza-se este fato, a contratação do estudo, como marco de uma união “formal” das iniciativas.*

¹¹⁶ *Sala limpa é um ambiente com nível de contaminação controlado utilizado para atividades de manufatura e pesquisa avançadas em áreas como a microeletrônica e a farmacêutica. O controle se refere tanto à quantidade de partículas quanto ao tamanho das partículas, e há vários níveis de limpeza, identificados, geralmente, por números. Assim, uma sala limpa classe cem é mais limpa que uma sala limpa classe 10 mil.*

Depois da negativa do Governo do Estado de São Paulo, a Motorola foi procurada por alguns professores do Rio Grande do Sul, que disseram que o seu estado teria interesse em receber os equipamentos. Em 2000, os executivos da empresa foram recebidos pelo governador do Rio Grande do Sul e, em poucos meses, foram assinados um acordo para a doação dos equipamentos e um protocolo de intenções que envolvia o Governo Federal. Como resultado, foi criado o Ceitec, um centro de projeto e prototipagem de CIs posteriormente transformado em empresa pública. Isso, de certa forma, abriu uma oportunidade concreta de implementação de parte dos planos que estavam sendo desenhados, mas, ao mesmo tempo, exigiu que os planos fossem acelerados para que incentivos fossem concedidos ao empreendimento que se iniciava. “Aquele acordo de doação serviu como *leitmotif*. Foi o motivo inicial para toda a retomada da discussão sobre uma política industrial de microeletrônica” (Entrevistado A).

4.3 O diagnóstico existente na literatura

Diversos trabalhos, realizados a partir da primeira década dos anos 2000, identificaram que a indústria de semicondutores tem efeitos dinamizadores sobre a produção industrial e a inovação e defenderam a criação de políticas públicas para desenvolver esse setor no Brasil. Apresenta-se, a seguir, uma revisão dos principais argumentos e das principais recomendações dessa literatura.

Em relação à importância da indústria de semicondutores, Rivera e outros (2015) resumem os motivos pelos quais a microeletrônica é considerada estratégica:

- A microeletrônica impacta positivamente a balança comercial.
- A microeletrônica integra a indústria eletrônica, que é considerada o motor da inovação.

- A microeletrônica gera empregos qualificados.
- O consumo de produtos que incorporam dispositivos semicondutores é crescente.
- A tecnologia é estratégica, com importantes aplicações nas áreas de defesa,¹¹⁷ telecomunicações e energia.
- A microeletrônica agrega valor, pois os CIs respondem por uma parcela crescente do valor de bens e equipamentos em diversos setores.

Além disso, a indústria de semicondutores pode representar uma oportunidade no contexto dos desafios econômicos e sociais com inovações baseadas em tecnologia da informação. Nesse sentido, Rivera e outros (2015) citam soluções para defesa, controle de fronteiras e clima; melhores serviços e redução dos custos na saúde; eficiência na geração e distribuição de energia; sistema de transporte mais eficiente e confiável; e incremento da produtividade da economia.

De acordo com Gutierrez e Leal (2004, p. 5, grifos nossos),

a indústria de semicondutores, pelo fato de ser o elo a partir do qual são gerados a inovação e o progresso tecnológicos nos diversos ramos do complexo eletrônico, com impactos positivos em outros segmentos da economia, *é um dos setores com elevado potencial de criação de vantagens competitivas.*

¹¹⁷ *A questão tecnológica é muito presente na Política Nacional de Defesa do Brasil. Essa política estabelece, por exemplo, que o desenvolvimento e a autonomia nacionais dependem do domínio de tecnologias sensíveis. Esse documento define também que os setores estratégicos para a defesa nacional são o espacial, o cibernético e o nuclear. A política afirma ainda que “os avanços da tecnologia da informação, a utilização de satélites, o sensoriamento eletrônico e outros aperfeiçoamentos tecnológicos trouxeram maior eficiência aos sistemas administrativos e militares, sobretudo nos países que dedicam maiores recursos financeiros à Defesa” (BRASIL, 2012c, p. 19). Para evitar que isso gere vulnerabilidades nos sistemas brasileiros, o documento recomenda que o Estado invista em setores de tecnologia avançada. Por fim, a Política Nacional de Defesa estabelece como um de seus objetivos “desenvolver a indústria nacional de defesa, orientada para a obtenção da autonomia em tecnologias indispensáveis” (BRASIL, 2012c, p. 30).*

Segundo esses autores, a fabricação de CIs no país, além de adensar a cadeia produtiva, propiciaria a realização de mais projetos de bens finais no Brasil e, conseqüentemente, forneceria “a base para o desenvolvimento de diferenciações ou inovações dos bens aos quais [os circuitos integrados] são incorporados, com reflexos diretos sobre a produtividade desses bens [...]” (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 8). Eles ressaltam ainda que esse efeito seria sentido não apenas na indústria eletrônica, mas também em todos os setores que utilizam soluções baseadas em eletrônica.

Gutierrez e Mendes (2009, p. 204) afirmam que “[...] a não inserção brasileira em semicondutores reduz o potencial de inovação de nossa indústria eletrônica como um todo, e dos demais segmentos que embarcam esta tecnologia em busca de diferenciação”. Lima (2012, p. 50, grifos nossos), por sua vez, aponta que:

No campo do *hardware*, destaca-se a tendência à compactação de funcionalidades em um número cada vez mais restrito de componentes, enxugando o número de fornecedores na cadeia, reduzindo a agregação de valor na manufatura final e, sobretudo, *reforçando a necessidade de domínio da microeletrônica para os países interessados no desenvolvimento do complexo eletrônico*.

Alguns dos entrevistados forneceram argumentos semelhantes. O Entrevistado H, por exemplo, indicou que “[...] a indústria de semicondutores é o elo da cadeia. Não há inovação sem semicondutores. O resto é manufatura, processo fabril”. O Entrevistado I, por sua vez, disse que

[...] o futuro do mundo passa por um aumento drástico da conectividade e da comunicação. Eu não vejo outro caminho que não adentrar nesse mundo de semicondutores, fibras ópticas, fotônica... Que é onde vai dar vazão... Onde o dado vai ser gerado e

transportado. Eu acho que é essencial e muito estratégico para qualquer país. É até uma questão de soberania nacional.

Bampi (2008/2009) defende a hipótese de que o projeto e/ou a fabricação de dispositivos microeletrônicos constituem um elemento potencializador de sua difusão na indústria de bens finais e que, portanto, a produção doméstica é imprescindível para o desenvolvimento do complexo eletrônico.

Uma evidência em favor da hipótese de que a existência de capacidade de projetar, fabricar, encapsular e testar circuitos integrados constitui um forte instrumento para viabilizar a inovação mais rápida nos produtos finais de tecnologias da informação e comunicação (TICs) é a relação forte que sempre existiu nas empresas líderes em bens de TIC entre a área de tecnologia de microeletrônica e a de projeto de bens finais, desde os anos 1950. As empresas líderes em informática, telecomunicações e eletrônica de consumo sempre investiram em suas divisões de tecnologia básica em semicondutores (BAMPI, 2008/2009, p. 118).

No entanto, para que isso seja verdadeiro, a indústria de bens finais deve desenvolver no país a engenharia de *hardware* do produto eletrônico. Isso implica que, no caso brasileiro, todo o ecossistema produtivo deve ser incentivado e promovido concomitantemente para as chances de sucesso serem maiores. Esse tópico será retomado a seguir.

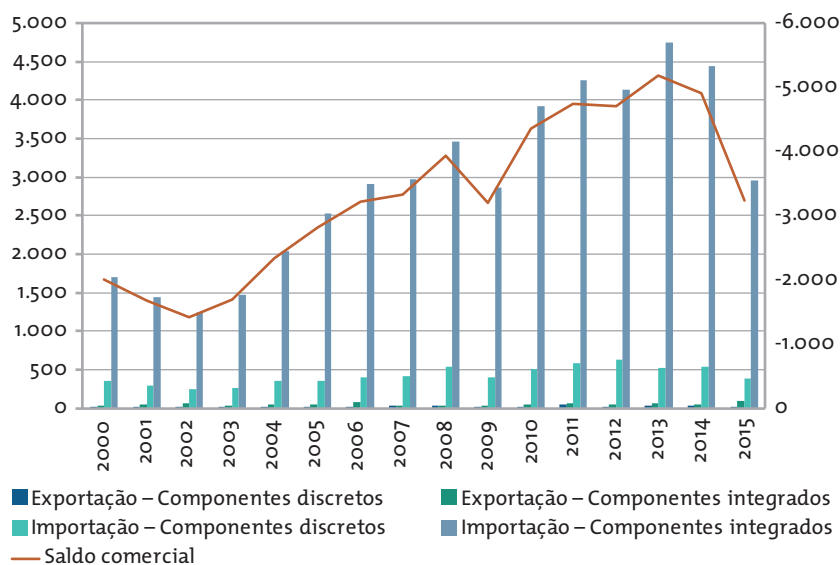
Na contrapartida do que seria o ideal, o diagnóstico realizado por Bampi (2008/2009, p. 116) apontou que

[...] o setor de componentes eletrônicos é o elo mais ausente na cadeia produtiva da indústria eletrônica no Brasil. [...] Acresce que as empresas que atuam no segmento de componentes tecnologicamente mais

dinâmicos, os componentes semicondutores, são em número inexpressivo, da ordem de 5 empresas industriais apenas.

Em consequência, a demanda interna é suprida por importações, e o déficit comercial brasileiro no setor é crescente, como pode ser visto na Figura 23. Salienta-se que, se contabilizado o valor dos componentes que estão embutidos em produtos finais, o déficit comercial do segmento de componentes semicondutores é muito maior.

Figura 23. Fluxo comercial brasileiro de componentes semicondutores, 2000-2015: exportações e importações de componentes discretos e de componentes integrados – barras (US\$ milhões no eixo esquerdo) – e saldo comercial setorial – linha (US\$ milhões no eixo direito em escala invertida)



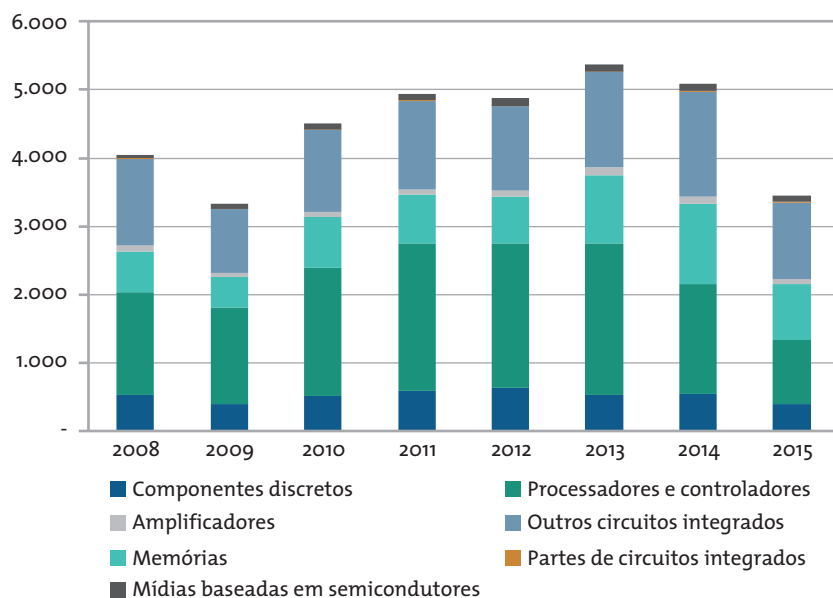
Fonte: Elaboração própria, com base em dados de UN Comtrade, disponíveis em <https://comtrade.un.org/>.

Em 2013, o déficit comercial do setor ultrapassou US\$ 5 bilhões e, em 2014, o déficit foi de US\$ 4,9 bilhões. Em 2015, ele caiu para US\$ 3,2 bilhões, mas isso pode ser explicado pela redução em 21%

do volume da produção física da indústria eletrônica.¹¹⁸ Melo, Rios e Gutierrez (2001, p. 46) afirmam que “o aspecto mais notável do déficit na balança comercial de componentes eletrônicos é, sem dúvida, o seu caráter estrutural”.

A Figura 24 detalha as importações de componentes semicondutores no período recente. Desagregou-se nela o grupo 85.42 do Sistema Harmonizado em suas partes integrantes: processadores e controladores (8542.31), memórias (8542.32), amplificadores (8542.33), outros CIs (8542.39) e partes de CIs (8542.90). Optou-se por incluir, além dos CIs e dos componentes discretos (posição 85.41), também o grupo das mídias baseadas em semicondutores, mas de forma agregada. Integram esse grupo os dispositivos de armazenamento não volátil (8523.51), os *smartcards* (8523.52) e outras mídias (8523.59).

Figura 24. Importações de componentes discretos, circuitos integrados e mídias baseadas em semicondutores, 2008-2015 (US\$ milhões)



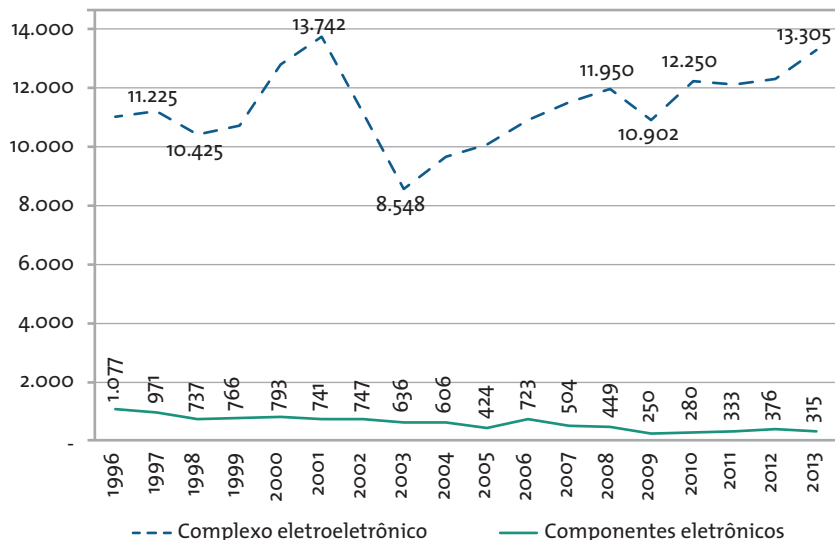
Fonte: Elaboração própria, com base em dados de UN Comtrade, disponíveis em <https://comtrade.un.org/>.

¹¹⁸ Para mais dados sobre a indústria eletrônica no Brasil, veja o Anexo.

Se considerado apenas o período 2008-2014, já que houve retração da indústria eletrônica em 2015, as importações de componentes discretos, de CIs e de mídias baseadas em semicondutores cresceram em média 3% ao ano. As categorias que mais cresceram foram outras mídias baseadas em semicondutores (56% ao ano), *smartcards* (11% ao ano) e memórias (10% ao ano).

Outra manifestação da deficiência brasileira na produção de componentes semicondutores é a evolução do VTI. A Figura 25 apresenta o VTI do complexo eletroeletrônico e do segmento de componentes eletrônicos em valores deflacionados, utilizando-se o ano de 1996 como base e o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) como deflator. Observa-se volatilidade no VTI do complexo eletroeletrônico no período, mas, ainda assim, o valor do fim do período foi superior ao do início: R\$ 13,3 bilhões em 2013 ante R\$ 11,0 bilhões em 1996. O segmento de componentes eletrônicos, por outro lado, apresentou tendência de queda, passando de R\$ 1,1 bilhão em 1996 para R\$ 250 milhões em 2009, ano a partir do qual houve certa recuperação. O VTI do segmento de componentes eletrônicos atingiu R\$ 376 milhões em valores de 1996 em 2012, mas caiu novamente para R\$ 315 milhões em 2013.

Figura 25. Evolução do valor da transformação industrial do complexo eletroeletrônico e do segmento de componentes eletrônicos, 1996-2013 (R\$ milhões, valores constantes)

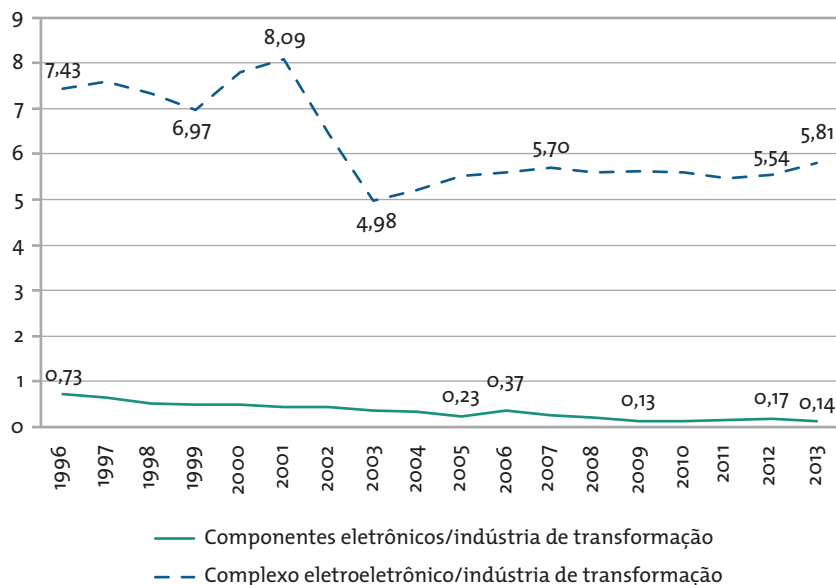


Fonte: Elaboração própria, com base em dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponíveis em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=o-que-e>.

Nota: Complexo eletroeletrônico compreende, entre 1996 e 2007, as divisões 30, 31 e 32 e os grupos 332, 333, 334 e 335 da divisão 33 da Cnae 1.0 e, a partir de 2008, as divisões 26 e 27 da Cnae 2.0. Componentes eletrônicos correspondem, entre 1996 e 2007, ao grupo 321 da Cnae 1.0 e, a partir de 2008, ao grupo 261 da Cnae 2.0. Ressalta-se que o grupo de componentes eletrônicos inclui outros componentes além dos componentes semicondutores. O valor de 2003 do VTI de componentes eletrônicos foi obtido por interpolação. A série foi deflacionada usando o IGP-DI, e o ano base é 1996.

A participação do VTI do segmento de componentes eletrônicos no VTI da indústria de transformação caiu, conforme pode ser visto na Figura 26, de 0,73% em 1996 para 0,13% em 2009, momento a partir do qual começou a se esboçar uma recuperação. A tendência da participação do complexo eletroeletrônico na indústria de transformação também foi de queda entre 1996 e 2003, com posterior melhora e estabilização ao redor de 5,6%. Segundo Rivera e outros (2015), a perda de agregação de valor na indústria eletrônica brasileira é resultado da deficiência da indústria brasileira de semicondutores.

Figura 26. Evolução da participação do complexo eletroeletrônico e segmento de componentes eletrônicos no valor da transformação industrial brasileira, 1996-2013



Fonte: Elaboração própria, com base em dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponíveis em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=o-que-e>.

Nota: Complexo eletroeletrônico compreende, entre 1996 e 2007, as divisões 30, 31 e 32 e os grupos 332, 333, 334 e 335 da divisão 33 da Cnae 1.0 e, a partir de 2008, as divisões 26 e 27 da Cnae 2.0. Componentes eletrônicos correspondem, entre 1996 e 2007, ao grupo 321 da Cnae 1.0 e, a partir de 2008, ao grupo 261 da Cnae 2.0. Ressalta-se que o grupo de componentes eletrônicos inclui outros componentes além dos componentes semicondutores. O valor de 2003 do VTI de componentes eletrônicos foi obtido por interpolação.

Em relação a recomendações, é consenso entre os artigos analisados que o governo deve adotar políticas de incentivo ao setor. Na opinião de Rivera e outros (2015, p. 345), a indústria de componentes semicondutores é “dependente de incentivos e com longo prazo de maturação”. Bampi (2008/2009) argumenta que devem ser adotadas medidas governamentais articuladas com o objetivo de promover o desenvolvimento e a competitividade do setor no país. Para o autor, a experiência de outros países deve ser tomada como exemplo:

é sabido [...] que os governos de todos os países que se inserem na produção de semicondutores participaram ativamente nas políticas de atração de investimento, seja no investimento na infraestrutura de capital humano dos seus países, seja também pelos incentivos e participação no *co-funding* de muitos empreendimentos (BAMPI, 2008/2009, p. 135).

O autor alerta, entretanto, que:

Após mais de uma década marcada pela globalização, de abertura comercial e adesão a acordos internacionais nas áreas de comércio e propriedade industrial, *o arsenal de políticas industriais e tecnológicas disponível para o Brasil desenvolver a indústria de componentes eletrônicos é bem mais limitado que o utilizado no passado por países como Coreia e Taiwan*. Não obstante, um conjunto de instrumentos, aceitos no âmbito da OMC e dos acordos regionais, pode ser utilizado para promover a indústria nacional nesta próxima década (BAMPI, 2008/2009, p. 138, grifos nossos).

Ademais, praticamente todos os artigos afirmam que é necessário estimular o desenvolvimento não só da indústria de semicondutores, mas também de todo o complexo eletrônico. No início dos anos 2000, Melo, Rios e Gutierrez (2001) já diagnosticavam que a indústria de bens eletrônicos brasileira visava apenas a exploração do mercado interno e realizava somente a montagem final dos produtos. O projeto dos produtos era realizado em centros de desenvolvimento em países desenvolvidos, e a montagem se dava por meio da importação de *kits* completos de componentes. Os autores ressaltaram ainda que, como as etapas de montagem final e de teste do produto agregam pouco valor,

mesmo que houvesse produção para exportação, isso pouco contribuiria para a balança comercial. Ademais, essa situação era resultado da própria legislação, que exigia apenas a montagem final e não impunha conteúdo mínimo nacional. Na opinião de Melo, Rios e Gutierrez (2001, p. 20), “[...] configura uma concessão de incentivos para exploração do mercado interno, sem qualquer contrapartida de adensamento da cadeia produtiva ou de exportação [...]”. Dessa forma, a indústria de bens finais substituiu o suprimento nacional por *kits* importados, ou seja: “o mercado para componentes existe, mas não pode ser acessado” (MELO; RIOS; GUTIERREZ, 2001, p. 20).

Gutierrez e Leal (2004, p. 9, grifos nossos), por sua vez, argumentam que é preciso estimular a formação de arranjos produtivos ao redor das novas fábricas de CIs:

Conforme demonstra a análise das experiências de países selecionados, a *sustentabilidade* de um investimento em fabricação de circuitos integrados está *intrinsecamente ligada à criação de um ecossistema* microeletrônico integrando fabricantes de componentes, fornecedores, fabricantes de bens finais, empresas de projeto, instituições de ensino, além de pelo menos um centro de referência que dê suporte às atividades de desenvolvimento da indústria e de geração de conhecimento.

O governo deve, portanto, incentivar

[...] a criação de um ecossistema no país que integre toda a cadeia eletrônica e os respectivos fornecedores. Assim, deve ser planejada a existência de um complexo formado por empresas que atuem em todos os elos produtivos de circuitos integrados – projeto, fabricação e encapsulamento e testes – e também de

outros componentes eletrônicos, dentre eles os semicondutores discretos. Interligada à indústria de componentes deve estar também a indústria de bens finais consumidora de circuitos integrados, que a realimenta por novas demandas de produtos, geradas principalmente por suas próprias atividades de projeto. Por fim, suprimindo toda essa cadeia, deve existir uma rede de fornecedores de insumos, bastante específicos no caso da fabricação de semicondutores e outros componentes, e de infra-estrutura (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 21).

Gutierrez e Mendes (2009) também enfatizam a necessidade de se promover o desenvolvimento do ecossistema produtivo, alinhando as estratégias para a indústria de componentes semicondutores com aquelas para o complexo eletrônico. Isso é necessário, na visão dessas autoras, em função da estrutura da indústria eletrônica brasileira, que impõe um desafio ao desenvolvimento de DHs no país, porque: (i) a maioria das empresas brasileiras apenas monta os produtos finais por meio de *kits* de componentes importados e a etapa de projeto dos componentes não é feita localmente; (ii) as empresas internacionais instaladas no Brasil raramente desenvolvem *hardware* no país, tornando improvável a contratação de uma DH local; e (iii) quando o projeto do produto eletrônico e dos seus componentes é feito no país, geralmente envolve empresas de pequeno e médio portes e escalas de produção pequenas, o que restringe a viabilidade econômica de um projeto de ASIC.

Bampi (2008/2009, p. 117, grifos no original) realiza um diagnóstico semelhante ao afirmar que “[...] a fabricação de material eletrônico básico no país não sente sequer um efeito de ‘*pulling*’ pela demanda vinculada à expansão da produção no país de bens finais [...]. Esta

é uma *deficiência estrutural* típica da indústria de natureza montadora [...]”. Da mesma forma, Rivera e outros (2015) argumentam que a indústria eletrônica brasileira é grande e diversificada, mas o adensamento produtivo e a agregação de valor local ainda são limitados. “Para reverter esse quadro, é mister promover a interação entre essa indústria de equipamentos eletrônicos e as diferentes etapas da cadeia produtiva de CIs [...]” (RIVERA *et al.*, 2015, p. 372).

Lima (2012, p. 88), por sua vez, defende que o governo pode cumprir um papel importante nesse sentido:

tal como em qualquer país que desenvolveu seu complexo eletrônico no mundo, faz-se mister utilizar o poder de compra do governo e das agências reguladoras para conferir preferência de compra para bens TIC produzidos/encomendados no país e, também na medida do possível, com tecnologia nacional.

O autor salienta, entretanto, que não basta incentivar os produtos montados no Brasil, ou seja, aqueles identificados como tendo processo produtivo básico (PPB).¹¹⁹ É preciso também oferecer incentivos para os produtos desenvolvidos no país “como estímulo não apenas para empresas nacionais investirem mais em inovação, mas para atrair centros de P&D de multinacionais” (LIMA, 2012, p. 90). Mais importante ainda, é necessário que os incentivos para os produtos desenvolvidos localmente sejam suficientemente maiores que aqueles para produtos apenas com PPB.

¹¹⁹ O PPB é definido como “o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto” (BRASIL, 1991). Ou seja, consiste em etapas fabris mínimas necessárias que as empresas devem cumprir para fabricar determinado produto como uma das contrapartidas aos benefícios fiscais estabelecidos por lei.

Outra recomendação presente em alguns artigos é a de que a política de incentivo não pode mirar apenas o mercado interno. Bampi (2008/2009, p. 124) expõe que, apesar do tamanho elevado do mercado interno brasileiro, os empreendimentos incentivados no setor só

[...] serão viabilizados de modo mais decisivo e efetivo se forem voltados para o mercado internacional, amparados inicialmente pela demanda interna da América Latina para estabelecer patamares iniciais de competência da indústria local e uma escala mínima de operações. Porém, a viabilidade a médio prazo de todos os empreendimentos está dependente da sua inserção na cadeia internacional – seja na cadeia de valor de engenharia, seja na cadeia de produção física.

No mesmo sentido, Rivera e outros (2015) afirmam que a demanda local não é suficiente para justificar investimentos em fabricação, ainda que o acesso ao mercado mundial seja um desafio para a indústria nacional. De forma semelhante, o Entrevistado I afirmou que

nesse nível de investimento tecnológico, [...] de investimento necessário [...]. [...] é muito alto para querer vender para 2% do mundo, que é o mercado nacional. Ou entra para concorrer com quem faz bem. Ou querer vender aqui só porque vai ter vantagem local, eu acho que isso é um tiro no pé. Se é bom para o Brasil, tem que ser bom para o mundo.

Em relação à inserção competitiva do país na indústria de semicondutores, Lima (2012) defende que a estratégia deve focar nos nichos em que o país tem maiores chances de penetração. Os esforços precisam se voltar, portanto, não para produtos de elevada escala e consumo de massa, que são de difícil *catching up*, como MPUs, mas para produtos de escalas médias e maior valor agregado, como ASICs. Rivera e outros (2015, p. 351-352) apresentam um diagnóstico semelhante:

Excluindo-se os segmentos em que há intensa concorrência com os grandes *players* [...], há um universo considerável de componentes menos sofisticados ou mais customizados do ponto de vista de aplicação, que correspondem a um mercado superior a US\$ 180 milhões. São os dispositivos de sinais analógicos de aplicação específica, os componentes discretos, os optoeletrônicos e os sensores [...]. Os componentes analógicos e discretos são parte importante de uma série de “micromercados” promissores [...]. Na área médica, por exemplo, há oportunidades em explorar o uso de semicondutores em equipamentos de medição, tecnologias de engenharia genética, imagem, monitoramento, equipamentos portáteis, equipamentos cirúrgicos etc. Nos automóveis, emprega-se uma média de US\$ 350 em componentes semicondutores por carro, e os componentes analógicos, sensores e discretos representam 70% desse valor.

Esses nichos de inserção dispõem de várias vantagens. Uma delas é que utilizam tecnologia madura. De acordo com Rivera e outros (2015, p. 375), “[...] a maioria das aplicações analógicas são desenvolvidas em nó tecnológico de 130 nm ou superior”. Outra é que há diversas oportunidades de aplicação desses componentes, tanto na indústria local, em segmentos como automotivo, saúde e telecomunicações, quanto em projetos de interesse do governo, como identificação de cidadãos e defesa. Novos paradigmas tecnológicos, como a IoT, também têm o potencial de demandar componentes desses nichos. Por fim, esses nichos possibilitam que o país se posicione não apenas como seguidor, mas também como protagonista mundial, porque há segmentos – tais como componentes ópticos e fotônica, microfluídica e eletrônica orgânica – em que o Brasil já está na fronteira tecnológica.

Rivera e outros (2015) avaliam que essa foi justamente a opção feita pelo governo depois das conclusões do Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) e do estudo do BNDES e manifestada nas políticas industriais implementadas nos últimos anos – Pitce (2004), PDP (2008) e PBM (2011). Segundo esses autores, a estratégia posta em prática foi a de buscar

[...] o desenvolvimento do ecossistema baseado em inovações a partir de tecnologias maduras de microeletrônica que não concorressem frontalmente com os grandes *players* e fossem sinérgicas com o tecido da indústria eletrônica local. Como resultado, diferentes “embriões” desse ecossistema foram constituídos [...] (RIVERA *et al.*, 2015, p. 348).

Essas políticas de incentivo à indústria de semicondutores são o tema da próxima seção.

4.4 As políticas governamentais

No início dos anos 2000, como já foi dito, renasceu a política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil. Essa política foi sendo construída ao longo dos anos por meio de diversos estudos e programas. A primeira iniciativa foi a publicação, em 2001, do Programa Nacional de Microeletrônica – *Design* (PNM-*Design*), que visava a instalação de DHs no Brasil (BRASIL, 2001). Em 2002, foi lançada uma proposta mais completa – o PNM –, que sugeria propostas para todos os segmentos da cadeia produtiva de semicondutores (BRASIL, 2002b). Em 2002, foi lançado também o Programa Nacional de Microeletrônica – Acadêmico (PNM-Acadêmico), que visava especificamente a formação de recursos humanos em micro-

eletrônica (BRASIL, 2002a; CNPQ, 2002). Em 2003, foi concluído o estudo encomendado pelo BNDES sobre a atração de investimentos para produção de CIs (BNDES, 2003).

Em 2004, a Pitce foi lançada e a indústria de semicondutores foi elevada à condição de setor estratégico. A conjunção do PNM com a política industrial em curso produziu importantes políticas concretas e objetivas de incentivo ao setor no Brasil: o Programa CI-Brasil, de 2005, que treina projetistas e incentiva a instalação de DHs no país, e o Padis, de 2007, que oferece incentivos fiscais para as empresas do setor, especialmente para as que realizam atividades de manufatura. As políticas industriais lançadas posteriormente – PDP (2008) e PBM (2011) – mantiveram os incentivos à indústria de semicondutores, mas esta perdeu posições na escala de prioridades do governo, como será discutido adiante. Além disso, diversos outros instrumentos de incentivo também foram utilizados para apoiar a indústria de semicondutores. Esta seção irá discutir cada uma dessas iniciativas.

4.4.1 O Programa Nacional de Microeletrônica, 2001-2002

A primeira versão do programa, intitulada “Programa Nacional de Microeletrônica – *Design*: atração, fixação e crescimento de empresas de projeto de componentes microeletrônicos no Brasil”, foi lançada em 2001. Logo no início, o documento afirma que “não resta qualquer dúvida sobre a importância da microeletrônica, com seus componentes de inovação, redução de custo e compactação, na competitividade das empresas” (BRASIL, 2001, p. 1). O documento propõe, a seguir, que seja feito um esforço para atrair, fixar e promover o crescimento de DHs no Brasil. A aposta na etapa de projeto se deu em função, entre outros motivos, da constatação de que essa era a etapa de maior valor agregado e com melhor relação custo-benefício.

A estratégia proposta em 2001 era, uma vez que já existia mão de obra qualificada no Brasil, atrair para o país filiais de empresas de projeto internacionais, o que teria duas consequências. Por um lado, isso atrairia para o Brasil também a etapa de engenharia das empresas clientes dessas DHs, fortalecendo a etapa de engenharia de bens finais no país. Por outro lado, essas DHs internacionais buscariam no mercado local pequenas DHs para subcontratar parte do projeto de CIs, criando, portanto, demanda para empresas nacionais de projeto e auxiliando-as, posteriormente, a entrar no mercado internacional.

Dessa forma, o programa estava estruturado em três linhas de ações: (i) formação de recursos humanos, para ampliar e qualificar a base existente; (ii) atração de DHs internacionais e fomento à criação de empresas nacionais no modelo *startup*; e (iii) acesso a mercados, contando com o apoio das empresas internacionais, que poderiam agir como *brokers*. Além disso, o programa previa também que dois estados – São Paulo e Rio Grande do Sul – seriam âncoras por meio das quais as ações se estenderiam para o resto do país. Ecolheram-se esses dois estados em função dos projetos existentes envolvendo a etapa de fabricação de dispositivos semicondutores. No Rio Grande do Sul, o Ceitec estava sendo estruturado e, em São Paulo, os laboratórios da USP e da Unicamp estavam sendo atualizados (BRASIL, 2001).

Quanto a metas concretas, o programa previa um curso de projetista de CIs com meta de formar pelo menos trezentos profissionais até 2003 e a expansão dos cursos de pós-graduação nas áreas ligadas à microeletrônica. O projeto do curso de projetistas era baseado em um curso já em operação em 2001, oferecido pelo Instituto Eldorado em Campinas (SP), com apoio técnico da Motorola. Em relação às DHs, o programa estipulava como metas atrair dez empresas internacionais de grande porte e fomentar a criação de trinta empresas brasileiras no decorrer

de três anos. Estimava-se que as empresas internacionais empregariam em média 25 projetistas e as nacionais, cinco, totalizando quatrocentas vagas para projetistas em três anos. Entre os incentivos oferecidos pelo governo, estavam treinamento das equipes, apoio à instalação, facilidade de financiamento, incentivos para aquisição de estações de trabalho e de ferramentas de projeto e concessão de bolsas de pesquisa.

Em relação às metas financeiras, o programa previa que seriam necessários R\$ 238,3 milhões ao longo de quatro anos. Desse total, R\$ 90 milhões seriam destinados à atração e à criação de DHs; R\$ 114,8 milhões seriam utilizados para implantar uma rede de banda larga interligando as DHs participantes do programa e para implantar ou melhorar a estrutura física e os equipamentos do Ceitec e dos laboratórios da USP e da Unicamp; e R\$ 33,5 milhões seriam destinados à formação de mestres e doutores e a programas de pesquisa na área.

Em 2002 foi lançado um documento maior e mais abrangente – “Programa Nacional de Microeletrônica: Contribuições para a formulação de um Plano Estruturado de Ações” –, que tinha como objetivo mapear as oportunidades de inserção do Brasil na indústria de componentes semicondutores.¹²⁰ O incentivo à indústria de semicondutores se justificava, novamente, pelos diagnósticos de que essa é a “principal força impulsionadora do desenvolvimento tecnológico mundial” (BRASIL, 2002b, p. 7), de que “a existência de capacidade de projetar, difundir, encapsular e testar CIs em um determinado país torna-se um forte indutor da inovação tecnológica no complexo eletrônico e em outras cadeias produtivas” (BRASIL, 2002b, p. 7) e de que “a microfabricação de silício implica o domínio de tecnologias de base essenciais para manter a

¹²⁰ Os autores desse documento são André Amaral de Araújo, então secretário executivo adjunto do MCT, Sergio Bampi, Paulo Bastos Tigre, Sergio Francisco Alves e Márcio Wohlers de Almeida.

possibilidade de inovar em diversas tecnologias-chave para o futuro – inclusive em ciências da vida como medicina, genética, farmacologia, etc.” (BRASIL, 2002b, p. 18).

O PNM começa estabelecendo um diagnóstico da indústria de semicondutores, centrado no mapeamento das oportunidades existentes. Para tanto, o programa detalhou as categorias de empreendimento existentes em cada uma das etapas da cadeia de valor do setor – *design*, *front-end* e *back-end* – e as respectivas estimativas de investimento necessário. Esse detalhamento pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1. Programa Nacional de Microeletrônica: categorias de empreendimentos na cadeia produtiva de circuitos integrados e investimentos requeridos

Segmento	Tipo de empreendimento	Características/mercado	Investimento requerido
Design houses (engenharia de projeto dos chips)	DH1 – vinculada/verticalizada	Vinculam-se a uma única empresa de semicondutores (com ou sem fabricação própria).	Relativamente pequeno (de US\$ 1 milhão a US\$ 5 milhões),
	DH2 – integradoras independentes	Licenciam ou contratam <i>intellectual property</i> (IP) (módulos funcionais sob propriedade sigilosa) ou serviços de uma empresa DH3.	concentrado em <i>software</i> , treinamento e estações de trabalho
	DH3 – prestadoras independentes	Fornecem módulos de IP e <i>embedded software</i> segundo especificações das DH1 e DH2.	
Foundries front-end (fabricação dos chips sob as placas de silício)	Nível 1	Realizam prototipagem de pequenas séries e produzem <i>complementary metal-oxide-semiconductor</i> em baixa escala.	De US\$ 10 milhões a US\$ 150 milhões
	Nível 2	Fornecem para segmentos especializados do mercado: componentes analógicos, automotivos, memórias não densas, sensores, transceptores de radiofrequência e sistemas microeletromecânicos.	De US\$ 400 milhões a US\$ 600 milhões
	Nível 3	Megafábricas produzindo principalmente microprocessadores e memórias DRAM e <i>flash</i>	De US\$ 1 bilhão a US\$ 2,5 bilhões
Back-end (teste e encapsulamento dos chips)	Verticalizada	Integram-se a empresas fabricantes de semicondutores.	-
	Independente	Atendem a <i>foundries</i> independentes.	

Fonte: Brasil (2002b).

A segmentação da cadeia de valor apresentada no PNM se concentra nas três atividades centrais da produção de um CI e é, portanto, ligeiramente diferente da abordagem da Figura 3, que inclui também as atividades de concepção do produto final e de serviço ao cliente.¹²¹ De acordo com o PNM, a primeira etapa da produção de CIs é feita em DHs, termo que serve para identificar tanto as divisões de *design* das empresas verticalizadas/integradas (DH1) quanto as empresas independentes e especializadas em *design* (DH2). Além disso, há um terceiro tipo de empresa que também é chamada de DH: as empresas que fornecem módulos de propriedade intelectual sob encomenda (*ip-cores*) e que podem ser identificadas também como *silicon intellectual property companies* (DH3).

A implantação de uma DH requer um investimento relativamente pequeno e pode ser feita rapidamente, desde que haja demanda por projetos e disponibilidade de projetistas. As DHs geralmente se especializam em algum segmento da indústria de bens finais e o seu sucesso “está diretamente relacionado ao nível de integração com os seus clientes e o quão intimamente o projeto do componente está relacionado ao projeto do produto final” (BRASIL, 2002b, p. 11). Dessa forma, o PNM identificou que era necessário ter também:

Uma estratégia de apoio ao desenvolvimento de engenharia de projeto de bens finais (aqui entendidos como sistemas eletrônicos completos) nas empresas instaladas no Brasil. Tal iniciativa se justifica pelo fato das empresas brasileiras geralmente utilizarem projetos de produtos desenvolvidos no exterior, não formando assim uma demanda efetiva por novos projetos de sistemas e *chips* (BRASIL, 2002b, p. 11).

¹²¹ É interessante notar que a Figura 3 apareceu pela primeira vez em Gutierrez e Leal (2004), um artigo do BNDES Setorial que resumiu as conclusões do estudo encomendado pelo BNDES sobre a indústria de semicondutores, que será discutido na próxima seção.

A fabricação dos CIs, por sua vez, é realizada em *foundries* ou *fabs*, que também podem pertencer a empresas integradas ou podem ser especializadas (*dedicated foundries*). O PNM classificou as *foundries* em três níveis. As megafábricas que produzem CIs em larga escala utilizando tecnologia no estado da arte são as de nível 3. Nesse tipo de empreendimento, os investimentos são elevados e devem ser amortizados rapidamente em função da rápida obsolescência tecnológica. De acordo com a estimativa do PNM, uma megafábrica deve operar com volumes de produção superiores a 25 mil *wafers* por mês para garantir um retorno adequado. Essas *foundries* trabalham, portanto, com produtos de altíssima demanda, como processadores e memórias.

A maioria das fábricas no mundo, no entanto, tem média escala e não utiliza tecnologia no estado da arte. Esse tipo de fábrica é classificado no nível 2. Outra característica é o atendimento a segmentos especializados do mercado, como componentes automotivos, sensores, transceptores de radiofrequência e sistemas microeletromecânicos (*microelectromechanical systems* – MEMS). O investimento em uma *foundry* de nível 2 era, no início dos anos 2000, de cerca de US\$ 400 milhões, e as empresas que operavam nesse segmento tinham faturamento da ordem de US\$ 50 milhões a US\$ 500 milhões. O PNM ressalta que o investimento em uma *foundry* de nível 2 ou 3 não se viabiliza baseado exclusivamente no mercado interno. Mesmo que o Brasil conte com um mercado interno importante, ele representaria de 5% a 20% da produção de uma fábrica de semicondutores apenas.

As *foundries* de nível 1, por sua vez, produzem pequenas séries utilizando equipamentos mais flexíveis, que podem realizar diversos processos, e não necessitam de tecnologia no estado da arte. Sobre essa categoria de empreendimento, o PNM afirma que

foundries deste tipo criam oportunidades de inovação em outros segmentos não convencionais – não necessariamente de sistemas eletrônicos – que também exigem a microfabricação sobre materiais semicondutores e, portanto, devem ser dotadas de capacidade flexível para atender a mais de uma linha de produtos (BRASIL, 2002b, p. 18).

O PNM propõe, então, três segmentos possíveis para atração de *foundries* de nível 3: (i) *foundries* para ASICs/SoCs: esse tipo de empreendimento pode, complementarmente à sua atividade principal, atender a pequenas encomendas por meio da tecnologia *multi-wafer-project* e é, portanto, mais sinérgico com a cadeia de engenharia de sistemas local; (ii) *foundries* para produção de processadores e circuitos lógicos: nesse segmento, há poucos investidores potenciais e eles têm grande capacidade de imposição de condições aos países receptores; e (iii) *foundries* para fabricação de DRAMs: esse empreendimento é o de maior risco, exige uma janela específica de entrada e apresenta menor diferenciação de produto.

Por fim, a etapa de *back-end* é realizada em divisões das empresas integradas ou em empresas especializadas, cuja implantação requer investimentos de uma a duas ordens de grandeza inferiores aos das *foundries*. As empresas especializadas podem realizar o *back-end* completo ou atuar exclusivamente em uma de suas etapas.

Além do detalhamento das categorias de empreendimentos, o PNM identificou também as principais tendências da indústria de semicondutores verificadas nas décadas de 1980, 1990 e 2000, quais sejam:

- a crescente desverticalização do setor;
- a distribuição das atividades das empresas em escala global;
- a alta taxa de inovação em técnicas de projeto e de produção; e

- o padrão de inovação incentivado pela demanda e influenciado pelas tendências dos segmentos de bens finais.

Uma contribuição importante da segmentação da cadeia produtiva abordada pelo PNM foi mostrar que, ao contrário do que se pensava no país até então, apenas *foundries* de nível 3 exigem investimentos da ordem de bilhões de dólares, tecnologia no estado da arte e produção em larga escala para amortizar o investimento em poucos anos. A inserção do Brasil na etapa de fabricação de semicondutores não dependia, portanto, da atração de uma megafábrica de uma empresa global. Outra contribuição importante foi evidenciar que as diferentes etapas da cadeia produtiva têm barreiras – valor do investimento, condições de atratividade, requisitos quanto a recursos humanos etc. – e oportunidades de entrada distintas. Cada etapa deveria, portanto, ser tratada separadamente.

Na etapa de *front-end*, por exemplo, identificou-se que o elevado investimento requerido, a necessidade de atrair investimento externo e o excesso de capacidade instalada que se verificava naquele momento a nível mundial dificultavam a realização de investimentos, que só poderiam ser viabilizados a médio e longo prazos. Entretanto, mesmo que os resultados não viessem rapidamente, era preciso tomar decisões e implementar ações no curto prazo, o que já estava ocorrendo – o BNDES, por exemplo, havia contratado um estudo prospectivo sobre o setor para subsidiar uma política de atração de investimentos. A etapa de *design*, por outro lado, apresentava barreiras tecnológicas e econômicas de entrada menores, que poderiam ser superadas no curto prazo: o volume de investimento requerido era menor, e o país dispunha da capacitação tecnológica necessária. A etapa de *back-end*, por sua vez, foi identificada como uma situação intermediária quanto a requisitos de investimento e mão de obra. Nas etapas de *design* e de *back-end*, a maior dificuldade reconhecida seria encontrar nichos adequados de

inserção no mercado que garantissem sustentabilidade econômica às empresas (BRASIL, 2002b).

Nesse sentido, a segunda parte do documento propôs um plano estruturado de ações, que foi dividido em três subprogramas: (i) Subprograma de Projeto de Circuitos Integrados (DHs); (ii) Subprograma de Fabricação de Circuitos Integrados (*foundries*); e (iii) Subprograma de Encapsulamento e Testes (*back-end*). Antes de detalhar os subprogramas, contudo, o PNM afirmava que é preciso “mobilizar com alta prioridade os instrumentos de estímulo à demanda de mercado” (BRASIL, 2002b, p. 28), uma vez que se havia diagnosticado que “a existência de uma indústria de bens finais que desenvolva no país a engenharia de *hardware* é um fator-chave para estimular a demanda por serviços locais – de *design houses*, especialmente” (BRASIL, 2002b, p. 26). O documento propunha que deveria ser incentivada a demanda por: (i) projeto local de bens finais, com conteúdo de engenharia própria nas empresas instaladas no Brasil; (ii) protótipos de bens de base eletrônica, a serem projetados e testados pela engenharia das empresas localizadas no país; e (iii) produção de pequenos volumes de CIs adaptados e/ou projetados pelas empresas brasileiras. Para tanto, as ações propostas eram (BRASIL, 2002b, p. 29):

- Incentivar a instalação de grupos de engenharia (DH1) de *chips* de empresas internacionais de semicondutores, bem como apoiar a criação de DHs do tipo DH2 e DH3 no Brasil.
- Utilizar recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e dos fundos setoriais para estimular e financiar parcialmente tanto o projeto no país quanto a prototipação (no exterior e, futuramente, no país) de *chips* que serão utilizados em bens finais a serem produzidos no Brasil.

- Fornecer créditos de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) aos compradores de componentes projetados, difundidos ou encapsulados no Brasil, simultaneamente à concessão de isenção de IPI às *foundries* ou empresas de *back-end* instaladas ou a serem operadas no Brasil.
- Apoiar as poucas empresas já operando no Brasil, para que atualizem o parque e expandam a produção no país.
- Mobilizar o poder regulatório – da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e da Secretaria de Política de Informática (Sepin) do MCTI, por exemplo – e o poder de compra do Governo Federal e do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust) para viabilizar encomendas tecnológicas no país de bens de base eletrônica.

O Subprograma de Projeto de Circuitos Integrados (DHs) propôs cinco ações relativas ao detalhamento dos subprogramas:

- Capacitação e especialização de projetistas em CIs: treinamento prático de projetistas, em linha com o que havia sido proposto no PNM-*Design*. A meta, entretanto, foi reduzida de trezentos para 140 profissionais a serem formados em três anos, em função de incertezas quanto à capacidade de absorção do mercado.
- Capacitação e formação de recursos humanos em projeto de CIs em nível de graduação e pós-graduação: inclui diversas medidas, tais como identificação de lacunas nos temas de pesquisa, atração de pesquisadores, oferta de bolsas diferenciadas, apoio à formação no exterior etc.
- Atração de DHs: estímulo à atração de empresas internacionais e à criação de DHs nacionais, e as primeiras teriam o papel de facilitar o acesso das empresas brasileiras ao mercado internacional.

- Acesso ao mercado: deveria ser uma das prioridades do PNM.
- Infraestrutura de rede.

O Subprograma de Fabricação de Circuitos Integrados (*foundries*), por sua vez, previa três ações:

- implantação de *foundry* de nível 1 (prototipagem e baixo volume) – nesse campo, havia uma oportunidade concreta, qual seja, a doação dos equipamentos da Motorola e a criação do Ceitec;
- atração de fundição de silício comercial com produção em larga escala – por meio de uma série de instrumentos, tais como melhoria nos procedimentos alfandegários, incentivos fiscais, financiamento em condições favoráveis etc.; e
- formação de recursos humanos em microeletrônica (processos, dispositivos e materiais para tecnologia de fabricação).

Por fim, o Subprograma de Encapsulamento e Testes (*back-end*) afirmava que a etapa de *back-end* poderia ser vista como uma etapa preparatória para a atração da fase de *front-end*, mais complexa. Além disso, a etapa de *back-end* apresentava menores barreiras tecnológicas, pois a tecnologia estava embutida nos equipamentos e a operação da fábrica era altamente automatizada. Esse subprograma propôs três ações:

- atração de novas fábricas: incentivar, em particular, as empresas que operavam como *contract manufacturers* a verticalizar as suas operações e realizar o *back-end* de *chips*;
- estímulo à demanda por componentes fabricados no país: por meio de mudanças seletivas nos processos produtivos básicos; e
- implementação de infraestrutura de certificação, qualificação e análise de componentes e sistemas eletrônicos.

O PNM propôs, ainda, a constituição de um Comitê Gestor, formado por representantes do MCTI, da Finep, do BNDES, do Mdic, do setor acadêmico e do setor empresarial. Esse comitê deveria elaborar as diretrizes detalhadas do programa e credenciar, acompanhar e avaliar as instituições participantes. Em relação ao orçamento necessário para implementar as ações propostas, o PNM não apresentou nenhuma estimativa (BRASIL, 2002b).

O PNM-Acadêmico (BRASIL, 2002a),¹²² por seu turno, tinha como objetivo detalhar as três ações do PNM que visavam a formação de recursos humanos – duas na área de projetos e uma na área de processos e fabricação. Não cabe, nesta dissertação, examinar as ações propostas, mas vale resgatar alguns pontos da análise exposta no programa. Na mesma linha dos outros documentos, o PNM-Acadêmico afirma que a indústria brasileira se concentra nas atividades de adaptação e montagem e, conseqüentemente, não produz inovação. Uma implicação disso é que esse setor contrata profissionais recém-formados que logo absorvem a rotina de trabalho. Mestres e doutores, por outro lado, não encontram valorização no setor produtivo, e apenas a carreira acadêmica faz uso da sua capacitação em tecnologia de *hardware*. Outras constatações do PNM-Acadêmico, de acordo com CNPq (2002), são:

- os currículos dos cursos de graduação relacionados à área de microeletrônica estavam desatualizados;
- havia poucos programas de pós-graduação na área;
- havia carência de meios para reciclagem de profissionais que atuavam em áreas afins;
- a infraestrutura para ensino de microeletrônica estava desatualizada e era insuficiente.

¹²² Os autores desse documento são Renato P. Ribas, Nelson Prugner, Flávio Wagner, José Camargo da Costa, Jacobus Swart, Wilhelmus van Noije, Sergio Bampi e Ricardo Jacobi.

Em relação ao orçamento, a Tabela 5 elenca as principais ações propostas pelo PNM-Acadêmico e o investimento estimado para os anos de 2003, 2004 e 2005.

Tabela 5. Programa Nacional de Microeletrônica – acadêmico, 2003-2005: estimativas de investimento para formação de recursos humanos (US\$ mil)

Ação	2003	2004	2005
Criação de centros de projeto de circuitos integrados	1.050	300	300
Criação de centros de <i>software</i> embarcado	540	340	340
Criação de centros de tecnologia de fabricação de CIs	2.490	2.740	2.840
Apoio à formação de recursos humanos em <i>software</i> embarcado	1.200	1.200	1.200
Bolsas de estudo e bolsas de fomento tecnológico	3.800	3.900	6.100
Total	9.080	8.480	10.780

Fonte: Elaboração própria, com base em CNPq (2002).

É complexo avaliar quais propostas do PNM foram efetivamente implementadas, pois faltam documentos que relatem o que foi executado e quais resultados foram atingidos. As principais ações do Subprograma de Projeto de Circuitos Integrados só viraram realidade a partir do Programa CI-Brasil, que será discutido adiante. Os incentivos visando a atração de empreendimentos fabris, por sua vez, passaram a ser amplamente discutidos no governo, principalmente depois da conclusão do estudo encomendado pelo BNDES, que é o tema da próxima Seção 4.4.2. A vertente acadêmica do programa, por fim, parece ter sido a que mais avançou. De acordo com um dos entrevistados, os programas de pós-graduação na área de microeletrônica passaram a receber mais recursos e, conseqüentemente, formou-se um contingente razoável de recursos humanos com capacitação em projeto e em processo de CIs. O mais relevante, entretanto, é que o PNM se tornou uma instituição formal que simbolizava a importância estratégica da indústria de semicondutores, bem como a intenção do governo de apoiar o setor.

4.4.2 O estudo do BNDES, 2003

Em consonância com o que estava sendo discutido no MCTI e no Mdic, o BNDES contratou, em novembro de 2002, um consórcio formado pelas consultorias internacionais A. T. Kearney e International Data Center (IDC) e pelo escritório Azevedo Sette para realizar um estudo chamado *Apoio à atração de investimentos para a produção de circuitos integrados no Brasil*. O objetivo do estudo era mapear a cadeia produtiva da indústria de semicondutores, os modelos de negócios existentes, os principais segmentos de produtos e as estratégias das principais empresas e subsidiar a formulação da estratégia de entrada do Brasil no setor. “Esse trabalho prévio foi necessário para assegurar que a proposição de uma política de atração para a indústria de circuitos integrados estivesse sintonizada com as intenções de investimento das principais empresas” (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 11).

Esse estudo encomendado pelo BNDES tinha um viés claro, qual seja, a intenção de atrair empresas estrangeiras:

A opção por estratégias voltadas para a atração de fabricantes internacionais de circuitos integrados para o Brasil resultou da *constatação de que as barreiras à entrada no segmento são elevadas*, principalmente pela necessidade de se assegurar uma escala mínima de produção que depende de vendas globais. Nesse caso, ao menos no curto/médio prazo, *apenas as empresas que já dispõem de acesso ao mercado internacional são capazes de superar tal obstáculo*. Em adição, por já considerar o domínio da tecnologia de produção, a estratégia voltada para a atração de investidores internacionais irá diminuir o tempo e o risco associados ao desenvolvimento de capacidade local de fabricação de circuitos integrados. Isso

não significa que devem ser desconsideradas estratégias de estruturação dessa indústria com a participação de empresas privadas nacionais ou mesmo do governo brasileiro (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 6, grifos nossos).

O mapeamento da cadeia produtiva e dos modelos de negócios realizado pelo estudo indicou, entre outras coisas, que:

As empresas que atuam no elo de fabricação, o que inclui os IDMs e as *dedicated foundries*, agregam mais valor por serem intensivos em investimentos em capacitação tecnológica e em geração de empregos.¹²³ No entanto, esse elo é muito sensível aos níveis de utilização da fábrica, ou seja, vultosos prejuízos podem ocorrer se a capacidade de produção não for devidamente utilizada (BNDES, 2003, p. 14).

Com base na análise da experiência de outros países, o estudo constatou também que “o desenvolvimento da indústria de CI se inicia com as etapas de manufatura para depois atrair a etapa de projeto, e não o contrário” (BNDES, 2003, p. 20). O consórcio identificou dois modelos de desenvolvimento da indústria de semicondutores. O primeiro modelo, baseado em mão de obra de baixo custo, foi adotado por alguns países asiáticos. O estudo alertava que “esse modelo se esgota quando surgem países concorrentes com custos de mão de obra mais competitivos” (BNDES, 2003, p. 21). O segundo modelo, por outro lado, focaliza produtividade e foi adotado pela Coreia do Sul, por Taiwan, pela Alemanha, pela Irlanda e por Israel. “Os países que adotaram o modelo com foco em produtividade apresentam grandes investimentos

¹²³ Estimou-se, na época, que a contribuição de cada etapa da produção de um CI para a receita final da indústria era a seguinte: design (18%), front-end (64%), back-end (12%) e serviço ao cliente (6%) (BNDES, 2003).

em capacitação de mão de obra altamente qualificada e forte ênfase na realização de projetos e de pesquisa e desenvolvimento de ponta” (BNDES, 2003, p. 21). Por fim, a análise da experiência internacional levou o consórcio a concluir que “o desenvolvimento da indústria de CI requer políticas de investimento de longo prazo, sempre considerando um horizonte de tempo acima de dez anos” (BNDES, 2003, p. 21) e a delinear quatro pontos-chave:

1. As negociações com os investidores foram conduzidas de forma centralizada, envolvendo articulações de diferentes e importantes partes do Governo. Ao mesmo tempo, a atração de fabricantes de CI era uma das principais prioridades dos Governos;
2. Todos os países montaram agências de promoção e atração de investimentos. Os esforços de atração foram altamente personalizados para os investidores, envolvendo com frequência equipes localizadas nos países de origem dos investidores;
3. A concessão de subsídios e incentivos é primordial para a decisão final de seleção de localização de investimentos. No entanto, ela não substitui outros fatores de atração como infra-estrutura e mão-de-obra especializada, ou seja, a ausência desses dois fatores é claramente um fator desqualificador;
4. Todos os países asiáticos estudados contornaram os seus problemas de infra-estrutura no curto prazo através da formação de zonas de investimento estrangeiro. Nessas zonas foram montadas infra-estruturas altamente competitivas, em alguns casos desenvolvidas sob medida para indústria de alta tecnologia, inclusive a de CI (BNDES, 2003, p. 22).

O consórcio identificou, então, uma série de fatores críticos para a atração dos três elos da cadeia produtiva de semicondutores e concluiu que

o elo de fabricação (*front-end*) contém os fatores de estímulo e desestímulo dos elos de projeto e de encapsulamento e teste (*back-end*), ou seja, ao se criar as condições para atrair a produção (*front-end*) cria-se automaticamente as condições necessárias para atrair os demais elos (BNDES, 2003, p. 24).

Os fatores prioritários para atração de investimentos foram agrupados em seis blocos, quais sejam:

- desenvolver pacote de incentivos;
- difundir imagem positiva do país;
- desenvolver polo tecnológico para a indústria de CI;
- suprir lacunas estruturais de recursos humanos;
- suprir lacunas estruturais de logística; e
- suprir lacunas estruturais de serviços públicos.

Com base no diagnóstico inicial, o estudo apresentou uma lista de estratégias que continha nove atividades que poderiam ser atraídas para o país:

- fabricante líder de memórias DRAM;
- fabricante do segundo pelotão de memórias DRAM;
- fabricante de MPUs;
- fabricante de memórias *flash*;
- fabricante de MCUs e circuitos customizados (ASIC e SoC);
- fundição especializada líder;
- fundição especializada de médio porte;
- fabricante de analógicos do tipo *subscriber line interface circuit* (SLIC); e
- fabricante de MEMS.

Note-se que todas as nove possibilidades apontadas pelo estudo se referiam à etapa de fabricação de *chips*. Gutierrez e Leal (2004, p. 14-15, grifos nossos), na linha do que já foi dito, explicam que

[...] a análise dos países com presença mais forte nessa indústria demonstra que, em todos os casos, *foi a instalação de fábricas de difusão*, isto é, a efetiva manufatura do *chip*, *que assegurou maturidade industrial ao país*. O estudo revelou que, em relação aos outros elos da cadeia, a fábrica de difusão proporciona maior valor agregado, pois: a) gera mais empregos;¹²⁴ b) apresenta maior volume de faturamento; c) oferece maiores margens operacionais; e d) atrai as demais etapas de produção.

Essas estratégias foram, então, debatidas em grupos de trabalho que reuniam especialistas e representantes do governo com os objetivos de:

- a) ordenar as estratégias em função dos objetivos qualitativos (adensamento da cadeia produtiva, geração de empregos qualificados, aumento da competitividade da indústria e fortalecimento do processo de inovação tecnológica) e quantitativos (diminuição do déficit comercial); e
- b) ponderar a importância relativa dos objetivos qualitativos e quantitativos (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 15).

¹²⁴ O argumento de que a etapa de front-end gera mais empregos que as demais está se tornando questionável com o passar do tempo. À medida que os chips se tornam mais complexos, a etapa de projeto exige equipes cada vez maiores. O desenvolvimento de um chip utilizando tecnologia de 90 nm exigia, em média, cinquenta anos de engenharia de hardware e cinquenta anos de engenharia de software. O desenvolvimento de um chip utilizando tecnologia de 16 nm ou 14 nm, por sua vez, exige, em média, 550 anos de engenharia de hardware e setecentos anos de engenharia de software; ou seja, equipes de projeto expressivamente maiores. As fábricas, por outro lado, estão cada vez mais automatizadas (NENNI, 2016).

Depois de confrontar benefícios, custos e riscos, foram delineados dois grupos de estratégias dominantes.

O primeiro grupo de estratégias respondia mais aos benefícios quantitativos e reunia os itens fabricante de microprocessador e fundição especializada líder da lista. De acordo com Gutierrez e Leal (2004, p. 15):

Trata-se de segmento com poucas empresas ofertantes, caracterizadas pela produção em altíssimas escalas e por plantas situadas na fronteira da tecnologia microeletrônica. Os investimentos fixos superam US\$ 1 bilhão e, em função da escala, há necessidade de exportações superiores a 70% da capacidade produtiva instalada. Daí o fato de essa estratégia produzir o maior impacto direto no saldo comercial.

Além disso, o estudo identificou que, nesse primeiro grupo, a governança da cadeia é compartilhada com a etapa de projeto do componente, que, naquele momento, não estava presente no país.

O segundo grupo respondia mais aos efeitos qualitativos, que haviam sido considerados prioritários, e reunia os itens fabricante de MCUs e circuitos customizados (ASIC e SOC), fundição especializada de médio porte e fabricante de MEMS.

Esse segmento é representado por grande número de empresas ofertantes, algumas delas dedicadas a setores específicos ou a nichos de mercado. A produção é feita em escalas menores, utilizando tecnologias mais maduras. Os investimentos fixos, por sua vez, são da ordem de algumas centenas de milhões de dólares, havendo a necessidade de exportações de cerca de metade da capacidade produtiva instalada, tendo em vista a escala mínima de produção em relação ao mercado interno. Em comparação com a estratégia do grupo anterior,

há menor geração direta de saldo comercial, embora a análise quantitativa realizada pelo estudo do Consórcio tenha se baseado no investimento de uma única planta. Dados os valores mais reduzidos de investimento e o maior efeito de adensamento desse conjunto de estratégias, não deve ser descartada a hipótese de o Brasil reverter o déficit comercial do segmento à medida que o país se torne atrativo para novos investimentos do setor (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 15-16).

Em relação à governança da cadeia produtiva, o estudo concluía que, neste segundo grupo, ela estava fortemente ligada ao projeto dos bens finais que incorporam os componentes. E isso seria sinérgico no caso brasileiro, pois

o Brasil já possui uma grande e variada indústria de bens finais, eletrônicos e não eletrônicos, a qual é candidata à utilização desses CIs e pode, com eles, ser estimulada à realização local de novos desenvolvimentos de produtos e aplicações (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 16).

Cada uma das estratégias dominantes, portanto, geraria diferentes externalidades. Os componentes resultantes da implantação da primeira estratégia teriam como destino primordial a indústria eletrônica e os efeitos da primeira estratégia sobre o adensamento da cadeia produtiva seriam limitados. Os produtos da segunda estratégia, por outro lado, teriam aplicações em diversos setores e contribuiriam para a diferenciação e incorporação de inovações em diversos bens finais, elevando a competitividade de uma ampla gama de produtos.

A presença no Brasil de uma indústria complexa e diversificada é capaz de potencializar os efeitos de adensamento, inovação e diferenciação dos produtos que utilizam circuitos integrados desse grupo. Isso

porque *é exatamente na demanda que se localiza a governança da cadeia nesse conjunto de estratégias* (através, por exemplo, da definição das especificações dos circuitos integrados). É importante observar que grande parte dos demandantes globais desses produtos são multinacionais produzindo no país, de que são exemplos as grandes empresas das indústrias automobilística e de teleequipamentos. *A atração de fabricantes de circuitos integrados desse grupo, assim, poderia fomentar o desenvolvimento de projetos de produtos a partir do Brasil* (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 16-17, grifos nossos).

A opção estratégica foi a de apostar no segundo grupo. Com base nisso, o estudo mapeou as condições do Brasil para competir na atração de investimentos na indústria de semicondutores. Por um lado, foram elencadas lacunas estruturais nas áreas de infraestrutura, logística e recursos humanos que precisavam ser superadas para que o Brasil passasse a ser levado em consideração nos estudos de localização realizados pelos fabricantes de CIs. A superação dessas lacunas consistia, portanto, em um requisito eliminatório na busca por investimentos. As principais condições estruturais identificadas pelo estudo eram:

- desembaraço alfandegário rápido e eficiente;
- eficiência da estrutura de importação e exportação;
- infraestrutura de porto e aeroporto;
- proteção efetiva ao capital intelectual e leis de patente;
- agilidade no registro de propriedade intelectual de topografia de CI;
- eficiência do processo de pagamento e recebimento de *royalties*;
- fluxo contínuo de formação e capacitação de mão de obra de qualidade;

- disponibilidade e confiabilidade dos serviços públicos de água/saneamento, energia e telecomunicações;
- disponibilização de terrenos; e
- concessão de vistos de trabalho a estrangeiros.

Por outro lado, foram identificados incentivos – fiscais, de financiamento etc. – que deveriam ser concedidos para que o país fosse selecionado para receber uma fábrica. “A correção das lacunas estruturais e a concessão de incentivos, dessa forma, devem ser entendidas como partes de um *único conjunto de iniciativas integradas e igualmente necessárias ao sucesso de uma estratégia de atração*” (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 17, grifos nossos). Dessa forma, o Brasil deveria formular “*uma política agressiva e competitiva em relação aos países concorrentes*” (GUTIERREZ; LEAL, 2004, p. 10, grifos nossos). Mais ainda, Gutierrez e Leal (2004, p. 22, grifos nossos) afirmam que

ao governo federal – e também às instâncias estadual e municipal –, à iniciativa privada e à academia cabem *papéis definidos*, todos eles relevantes, que precisam ser *exercidos de forma coordenada e amparada por uma decisão de Estado*, consubstanciada em um arcabouço legal próprio.

Rivera e outros (2015) sintetizam os fatores críticos ao investimento levantados pelo PNM e pelo estudo do BNDES. Esses fatores, que estão ilustrados na Figura 27, consistem em

[...] instrumentos e ações que o Brasil deveria seguir, no curto prazo, para atrair investimentos e desenvolver seu ecossistema de microeletrônica. Tais fatores foram estabelecidos respeitando a competitividade dos elos a jusante na cadeia do complexo eletrônico instalada no país e entendendo que o equacionamento do déficit comercial não se daria no curto prazo, mas

sim como fruto de uma *política de Estado resiliente e, fundamentalmente, bem articulada* (RIVERA *et al.*, 2015, p. 362, grifos nossos).

Figura 27. Síntese dos fatores críticos ao investimento na indústria de semicondutores no Brasil



Fonte: Rivera e outros (2015).

Por fim, discutiu-se brevemente o processo de realização do estudo. Gutierrez e Leal (2004, p. 19, grifos nossos) comentam que:

A realização do estudo de atração de fabricantes de circuitos integrados constituiu um *esforço inédito do*

governo brasileiro. Tratou-se de um trabalho de oito meses de duração que contou com a participação intensa de diferentes ministérios e forte interação. Sua etapa final coincidiu com a indicação da indústria de semicondutores como um setor prioritário na política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal. Esse fato sugere que a determinação do Brasil de mudar o panorama de sua indústria insere-se em uma política de Estado, devendo contar com estabilidade de decisão e profissionalismo na implementação.

Um dos entrevistados também ressaltou a relação entre a realização do estudo e a indicação da indústria de semicondutores como setor prioritário:

A política industrial, na prática, é muito por um processo de advocacia. Assim, o convencimento maior de ministros, diretoria do banco, presidentes é um convencimento em que as equipes, de alguma forma, levam e embasam as suas propostas. Então, como que foi construído esse entendimento coletivo que deu origem depois a semicondutor como um setor-chave? O estudo foi uma peça relevante (Entrevistado C).

Esse entrevistado destacou ainda o papel do estudo na aglutinação dos agentes públicos que trabalhavam com a política de incentivo à indústria de semicondutores:

quando ele [o estudo] sugeriu um conjunto de políticas públicas, as pessoas-chave do governo que poderiam convencer os seus ministros [...] já estavam convencidas porque participaram de todo o processo. E, mais do que isso, já trabalhavam como um time (Entrevistado C).

Mais ainda, ele afirma que

[...] tem um grupo de pessoas que carrega essa bandeira juntas já há algum tempo. E eu vejo nesse estudo um pouco da gênese desse grupo. Pessoas se falando, entendendo melhor a indústria, pensando juntas, construindo, discutindo com o consórcio, viajando, e chegando em um entendimento que nos permitiu levar para cima e fazer a coisa ganhar uma chancela oficial (Entrevistado C).

4.4.3 As políticas industriais e a estratégia da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior para a indústria de semicondutores, 2004

A indústria de semicondutores sempre esteve, desde a retomada das políticas industriais em 2003, entre os setores prioritários do Governo Federal. Como é possível perceber com base na análise das políticas industriais apresentada na Seção 2.3, o número de setores prioritários cresceu muito da Pitce para a PDP, ao passo que no PBM setores estratégicos nem chegaram a ser definidos. Na Pitce, a indústria de semicondutores era um dos quatro setores intensivos em conhecimento que o governo escolheu priorizar. Na PDP, entre os seis setores elencados no primeiro subgrupo dos programas estruturantes (programas mobilizadores em áreas estratégicas), há dois que incluem a indústria de semicondutores, mas não se limitam a ela – TIC e nanotecnologia. No entanto, esses seis setores, além de competirem entre si pela atenção dos formuladores e executores de política, competem também com os 13 setores do segundo subgrupo (programas para fortalecer a competitividade) e com os quatro setores do terceiro subgrupo (programas para consolidar e expandir a liderança de setores com projeção internacional). Muitos

desses setores são, na verdade, complexos industriais ou conjuntos de setores, ou seja, muito mais amplos do que os setores econômicos na classificação tradicional. Em realidade, toda a estrutura industrial brasileira parece ter sido contemplada pela PDP, o que diminui a importância atribuída à indústria de semicondutores.

Em relação ao PBM, como já foi dito, não houve priorização de setores específicos, e toda a estrutura produtiva do país pode ser encaixada na organização setorial proposta. É perceptível, porém, certa preferência do Governo Federal pelas indústrias intensivas em conhecimento – nas quais se encaixa a indústria de semicondutores –, para desenvolver competências e vantagens competitivas, e pelas indústrias intensivas em recursos naturais, para aproveitar competências e vantagens competitivas. Dessa forma, pode-se perceber que a indústria de semicondutores perdeu importância na escala de prioridades do governo à medida que novos setores foram sendo incluídos, ainda que o governo nunca tenha deixado de reconhecer que o aumento da capacidade inovativa e da competitividade das empresas brasileiras é fundamental para o desenvolvimento sustentado no longo prazo.

De acordo com Rivera e outros (2015), a elevação da indústria de semicondutores à condição de setor estratégico na Pitce proporcionou avanços relevantes para o setor: por um lado, apoio financeiro para o Ceitec e para o Programa CI-Brasil (que havia sido originalmente proposto em 2001, mas foi implementado apenas a partir de 2005, como será discutido a seguir), e, por outro, apoio à formulação do arcabouço legal específico, que resultou na aprovação do Padis em 2007. No entanto,

após 2007, as políticas industriais subsequentes PDP (2008-2011) e PBM (2012-2014) mantiveram o *status* de prioridade, mas incorporaram um conjunto

amplo de outros setores industriais, *retirando o destaque e a força política que o setor teve durante a PITCE* (RIVERA *et al.*, 2015, p. 363, grifos nossos).

Segundo um dos entrevistados, o aumento no número de setores estratégicos não é necessariamente ruim:

Na Pitce tinha lá os quatro setores portadores de futuro. Quando você amplia na PDP a quantidade de setores e depois no Brasil Maior pauta um grande conjunto, se você mantém a prioridade de semicondutores que está ainda contemplado no PDP e no PBM e trabalha esse segmento, no fundo, a inclusão dos demais não atrapalha a vida porque a economia está crescendo. Então é positivo. *A única coisa é que não pode dispersar esforços [...]. O governo tem que ter a habilidade para de fato conseguir pegar todos aqueles setores que ele considera relevantes na sua política industrial e encontrar uma maneira de criar a governança para que a política industrial ocorra para aqueles segmentos, semicondutores inclusos* (Entrevistado C, grifos nossos).

Outro entrevistado discorda: “na Pitce, que para mim, particularmente, foi a melhor das três, *havia uma visão mais estratégica das coisas*. Depois eu acho que *isso se perdeu [...]*” (Entrevistado F, grifos nossos). Esse mesmo entrevistado também afirmou que a Pitce era mais focada e tinha uma gestão mais eficiente. A estrutura do PBM, por outro lado, era “muito ramificada. Criava uma demora, uma burocracia às vezes mais complicada de gerenciar” (Entrevistado F).

Cabe aprofundar um pouco a análise da Pitce, tendo em vista a sua relevância para a indústria de semicondutores. As primeiras medidas dessa política para a indústria de semicondutores foram as seguintes:

- inclusão do setor no novo Regime Aduaneiro de Entrepósito Industrial sob Controle Informatizado (Recof);¹²⁵
- indicação de regime de urgência no projeto de lei sobre topografia de CIs, que visava assegurar a propriedade intelectual em projeto de CIs;
- implantação de um laboratório nacional para desenvolver projetos e pesquisas em micro e nanotecnologia aplicadas a negócios, em parceria com empresas;
- aumento e melhoria da formação de recursos humanos e projetistas na área de microeletrônica;
- criação de uma linha de crédito para a produção de *chips* com recursos de R\$ 10 milhões e prazo de financiamento de 18 meses;
- viabilização da instalação do Centro Gaúcho de Prototipagem (Ceitec); e
- implantação do PNM.

Ainda em 2004, representantes da academia e do setor empresarial enviaram ao MCTI um documento propondo a inclusão na Pitce de uma série de medidas. Esse documento defendia que era necessário não apenas restabelecer a indústria de semicondutores no país, mas também fazê-lo em bases competitivas e replicar no Brasil a importância que esse

¹²⁵ O Recof foi criado em 1997 e atendia, inicialmente, às indústrias de informática e telecomunicações. Em 2004, ele passou a contemplar também as indústrias de semicondutores e de componentes de alta tecnologia para informática e telecomunicações. Esse regime especial concede uma série de benefícios às empresas habilitadas, entre eles: (i) importação de insumos com suspensão de Imposto de Importação, IPI e Programa de Integração Social (PIS)/Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins); (ii) eliminação da parametrização dos processos de importação; e (iii) redução no tempo de desembaraço. Para se habilitarem ao Recof, as empresas devem atender a uma série de requisitos, dentre os quais se destacam: (i) realizar processos de industrialização na modalidade montagem; (ii) exportar ou participar da cadeia produtiva exportadora; (iii) assumir compromisso de limite mínimo de exportações; e (iv) ter patrimônio líquido igual ou superior a R\$ 10 milhões.

setor tem em países desenvolvidos. Para tanto, seria preciso construir “um amplo programa, alicerçado numa política de Estado duradoura e que contemple ações de curto, médio e longo prazo [...]” (BRASIL, 2004, p. 3). Além disso, recomendava-se que a política pública em construção deveria: (i) ter critérios explícitos e exigir contrapartidas; (ii) ser continuamente avaliada e acompanhada; e (iii) identificar claramente as instituições responsáveis pela gestão e coordenação.¹²⁶ Ademais, o documento alertava:

Outro aspecto fundamental, e que merece ser destacado face às experiências anteriores, é de que *o Estado não pode – e nem deve – ser o único agente financiador* de empreendimentos propostos pelas empresas interessadas em participar, provendo benesses que neutralizem ou ocultem as ineficiências do setor produtivo. Ao invés disso, *o que se almeja é construir uma relação de parceria, no sentido de que havendo incentivos e benefícios para a iniciativa privada, esta deverá oferecer contrapartidas* (por exemplo, por meio de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e recursos humanos (RH) compatíveis com a magnitude do apoio recebido); além de arcar com os sucessos e insucessos do empreendimento (BRASIL, 2004, p. 6, grifos nossos).

Propuseram-se, então, dois macro-objetivos, que serviriam para balizar as várias ações e medidas sugeridas. O primeiro macro-objetivo era elevar significativamente o faturamento da indústria brasileira do complexo eletrônico, do patamar de 3,6% do PIB em 2003 para 10%

¹²⁶ O documento propôs a formação de um comitê gestor formado por representantes do MCTI, do Mdic, do Ministério da Educação, do BNDES, do CNPq, da Finep, da Sociedade Brasileira de Microeletrônica (SBMicro), da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), da Abinee, da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), do Ceitec e do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).

do PIB em 2013.¹²⁷ Adicionalmente, o documento estipulou como meta que 20% da demanda local de semicondutores em 2013 fosse atendida por produção local. O segundo macro-objetivo era desenvolver competências que alavanquem o esforço industrial em segmentos tecnológicos relevantes no cenário atual e em um horizonte de dez a vinte anos. Esse objetivo se desdobrava em três metas, quais sejam: (i) dominar a tecnologia CMOS avançada; (ii) desenvolver novas tecnologias e processos; e (iii) formar uma rede cooperativa de nações em desenvolvimento.

O documento propôs, na sequência, dois conjuntos de ações estruturantes e mobilizadoras, uma para cada macro-objetivo. As ações referentes ao primeiro macro-objetivo eram:

- identificar e fomentar nichos de mercado buscando uma atuação em escala mundial;
- identificar e apoiar projetos para setores produtivos fora do complexo eletrônico, possibilitando a ampliação da sua competitividade internacional, por meio da incorporação de dispositivos semicondutores;
- fomentar o desenvolvimento de aplicações e soluções voltadas para a sociedade brasileira, utilizando o poder de compra do Estado, quando pertinente, e estimulando sua difusão para países com economias ou necessidades semelhantes à brasileira;
- apoiar o empreendedorismo de empresas de base tecnológica;
- propor mecanismos e instrumentos para financiamento de investimentos produtivos e de fomento à comercialização;
- remover as lacunas estruturais do país; e
- definir e estabelecer marcos regulatórios.

¹²⁷ *Esse macro-objetivo não foi atingido. A trajetória do faturamento da indústria eletrônica em relação ao PIB foi decrescente no período, atingindo 2,9% em 2013 e 2,4% em 2015 (ABINEE, 2016).*

As ações referentes ao segundo macro-objetivo, por sua vez, eram:

- formação e capacitação de recursos humanos;
- implantação do Ceitec;
- modernização e atualização dos laboratórios e das instituições de ensino e pesquisa; e
- estabelecimento de convênios e parcerias com instituições estrangeiras.

Por fim, para viabilizar os macro-objetivos, o documento propôs uma série de ações e medidas de curto, médio e longo prazos. Algumas dessas ações são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior: algumas ações e medidas propostas para a área de semicondutores

Tópico	Ação	Medidas de curto prazo (2005-2006)	Medidas de médio prazo (2007-2009)	Medidas de longo prazo (2010-2013)
Formação e capacitação de recursos humanos	Formação de pós-graduandos na área de projeto e processos de fabricação	Ampliar o número de bolsas e oferecer bolsas diferenciadas.	Ampliar o número de bolsas, oferecer bolsas diferenciadas e promover intercâmbios no exterior.	
Infraestrutura de ciência e tecnologia	Ceitec	Construir as salas de projeto e de administração.	Construir as salas limpas.	Atualizar e modernizar os processos.
Marco regulatório e legislação	Lei de Topografia de Circuitos Integrados	Articular a aprovação de lei.	Avaliar os impactos da legislação.	
	Lei de Desoneração dos Investimentos	Elaborar uma proposta de lei.	Encaminhar o projeto ao Congresso Nacional e articular a sua aprovação.	
Atração de investimentos		Elaborar um manual de orientação para investidores, organizar uma missão para atrair empresas asiáticas, contratar novos estudos, implementar as propostas do estudo do BNDES e elaborar um pacote de incentivos.	Implantar as propostas resultantes dos novos estudos.	Definir e implementar mecanismos e instrumentos de apoio e avaliar o impacto dos investimentos realizados.

Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2004).

4.4.4 O Programa CI-Brasil, 2005

Em 2005, o MCTI lançou o Programa CI-Brasil, que buscava incentivar o surgimento de DHs no país (BRASIL, 2005). O termo de referência do programa afirma que, na medida em que os investimentos fixos requeridos são relativamente modestos, era “bastante factível definir uma estratégia de apoio a essa atividade mesmo em um contexto de severidade com o compromisso de equilíbrio fiscal que caracteriza o atual momento atravessado pelo País” (BRASIL, 2005, p. 3). Pode-se afirmar que o CI-Brasil constituiu, em realidade, o relançamento do PNM-*Design*, uma vez que ambos eram bastante semelhantes e que o PNM-*Design* não foi inteiramente implementado. De acordo com um dos entrevistados, apenas a ação referente à formação de recursos humanos em microeletrônica no nível de pós-graduação foi efetivamente posta em prática.

O objetivo do CI-Brasil se desdobrava em duas frentes. Por um lado, o programa objetivava atrair para o Brasil uma parcela das atividades de projeto de CIs desenvolvidas internacionalmente. As empresas atraídas poderiam ser filiais: (i) de empresas do setor de TIC; (ii) de fabricantes de componentes semicondutores; e (iii) de empresas internacionais independentes especializadas em *design*. Por outro lado, desejava-se fomentar a criação de DHs brasileiras e estimular as atividades de projeto de CIs em empresas brasileiras de TICs. Concretamente, a meta era, em três anos, criar pelo menos 11 DHs nacionais e atrair ao menos quatro DHs ligadas a empresas internacionais.

Para atingir a meta, o programa previa a concessão de incentivos e benefícios em infraestrutura, recursos humanos e acesso ao mercado. No tocante à infraestrutura, ficaria a cargo do PNM,

utilizando os recursos do Fundo Setorial de Informática e do CNPq, fornecer equipamentos (estações de trabalho e servidores), ferramentas de desenvolvimento (*electronic design automation* – EDA) e infraestrutura de comunicação. Em relação aos recursos humanos, o CI-Brasil concederia bolsas de fomento tecnológico para os projetistas empregados nas DHs apoiadas. Estavam previstas duas categorias de bolsas: as de nível 1, no valor de R\$ 3.500 por mês, e as de nível 2, no valor de R\$ 5.000 por mês. Apesar de não estarem previstas nas metas financeiras do termo de referência, essas bolsas poderiam vir a ser demandadas também pelas DHs vinculadas a empresas internacionais.

Para aumentar a chance de sucesso das empresas, o programa previa que as DHs deveriam se instalar em fundações, incubadoras, parques tecnológicos ou instituições de pesquisa, para aproveitar a infraestrutura existente, e manter relação de intercâmbio com centros de formação e capacitação de recursos humanos. Além disso, seguindo as diretrizes do PNM, que havia identificado que a viabilidade das empresas está associada à sua conexão com o tecido industrial local, as localidades sugeridas para instalação das DHs eram: Campinas (SP), no CTI, Manaus (AM), no Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Polo Industrial de Manaus (CT-PIM), Porto Alegre (RS), no então Ceitec, Recife (PE), no Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (C.E.S.A.R) e São Paulo (SP), no Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da USP. O CTI e o Ceitec, por já disporem de alguma estrutura de projeto de CIs, foram definidos como unidades-âncora do CI-Brasil.

Quanto a metas físicas, o programa previa a instalação progressiva de 11 DHs nacionais e de quatro filiais de empresas internacionais

em três anos, conforme as tabelas 6 e 7. Em relação a projetistas, as empresas nacionais empregariam em média dez projetistas cada, acumulando um total de 110 projetistas em três anos, enquanto as empresas estrangeiras empregariam em média vinte projetistas cada, acumulando um total de oitenta projetistas. No âmbito das metas financeiras, o programa estimava que o gasto com bolsas para projetistas ultrapassaria R\$ 5 milhões no terceiro ano. Além disso, o termo de referência avaliava que o custo total para implantar e operar cinco DHs por três anos seria de R\$ 23,7 milhões.

Tabela 6. CI-Brasil: metas para criação de *design houses* nacionais

Ano	Número de novas empresas	Metas físicas		Metas financeiras		
		Total acumulado de empresas	Total acumulado de projetistas	Número de bolsas		Dispêndio anual com bolsas
				Nível 1	Nível 2	
Ano 1	5	5	50	30	20	R\$ 2,46 milhões
Ano 2	2	7	70	50	20	R\$ 3,30 milhões
Ano 3	4	11	110	80	30	R\$ 5,16 milhões

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Tabela 7. CI-Brasil: metas para atração de *design houses* internacionais

Ano	Metas físicas		
	Número de novas empresas	Total acumulado de empresas	Total acumulado de projetistas
Ano 1	0	0	0
Ano 2	2	2	40
Ano 3	2	4	80

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Além dos incentivos diretos à instalação de DHs, o Programa CI-Brasil identificou que era necessário promover também ações de treinamento e capacitação. Propôs, então, a criação de três polos de for-

mação de projetistas para oferecer cursos de especialização, com duração total de 540 horas (12 meses), regime de dedicação exclusiva e bolsa de estudos (R\$ 2.500 mensais). A meta era treinar, ao todo, com projetistas por ano. O investimento requerido por essa iniciativa seria, conforme a Tabela 8, de R\$ 3,6 milhões por ano. Em 2008, o Centro de Treinamento (CT) 1 foi instalado em Porto Alegre (RS), nas dependências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e o CT 2 foi instalado em Campinas (SP), nas dependências do CTI. Posteriormente, em 2014, o CT 3 foi instalado em São Paulo (SP), nas dependências da USP, e a implantação de um CT em Belo Horizonte (MG) (CT 4) estava sendo estudada. Em 2014, as atividades do CT 2 foram encerradas, permanecendo os demais CTs (1 e 3, atualmente identificados como CT/RS e CT/SP) em funcionamento.

Tabela 8. CI-Brasil: estimativas de investimento no programa de treinamento de projetistas

Ano	Remuneração dos docentes	Bolsas de estudo	Demais despesas (custeio, transporte, administração)	Despesa total
Ano 1	R\$ 350 mil	R\$ 3 milhões	R\$ 250 mil	R\$ 3,6 milhões
Ano 2	R\$ 350 mil	R\$ 3 milhões	R\$ 250 mil	R\$ 3,6 milhões
Ano 3	R\$ 350 mil	R\$ 3 milhões	R\$ 250 mil	R\$ 3,6 milhões

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

O Programa CI-Brasil previa também um subprograma para qualificação e certificação de profissionais de projeto de módulos de propriedade intelectual (*IP cores*), vinculado à Rede Brazil IP. Esse subprograma tinha como meta treinar 84 profissionais e desenvolver de 14 a 21 *IP cores* com qualidade industrial em três anos. O custo estava estimado em R\$ 800 mil por ano. Os dois programas de treinamento teriam, portanto, um custo total de R\$ 13,2 milhões ao longo de três anos.

De acordo com o MCTI, até o fim de 2014 já haviam sido investidos, com recursos do FNDCT, R\$ 148 milhões no Programa CI-Brasil¹²⁸ e já haviam sido treinados mais de setecentos projetistas (BRASIL, 2015c). Em relação às bolsas concedidas, a Tabela 9 apresenta os recursos destinados pelo CNPq à formação de pessoal. O fato relevante que deve ser notado é a grande variação no volume destinado no decorrer dos anos, o que gera falta de previsibilidade e dificulta o planejamento de longo prazo das empresas.

Quanto a resultados, o CI-Brasil fomentou a atividade de 25 DHs no Brasil, distribuídas em todas as regiões do país. Dessas 25, quatro são filiais de multinacionais e 21 são brasileiras. Das multinacionais, uma já estava instalada no país (NXP, ex-Freescale e ex-Motorola) e três foram atraídas pelo programa (Cadence, Perceptia e STI). Dezesseis DHs não têm fins lucrativos, e parte delas é ligada a universidades ou a institutos de ciência e tecnologia e parte é pública. Das nove empresas com fins lucrativos, quatro são precisamente as subsidiárias das multinacionais. Quanto ao porte, 70% das DHs presentes no país têm menos de vinte pessoas ocupadas (ABDI, 2014). As DHs brasileiras tendem a se especializar em alguns poucos segmentos e atendem principalmente aos mercados de bens de consumo (linhas branca, marrom e azul), de gerenciamento de energia e de MCUs e sistemas para instrumentação e controle. A multinacional NXP, por outro lado, se especializou em atender ao mercado automotivo (ABDI, 2011).

¹²⁸ Rivera e outros (2015, p. 381) estimam que os investimentos do Programa CI-Brasil atingiram R\$ 200 milhões entre 2005 e 2014.

Tabela 9. CI-Brasil: recursos destinados à formação de pessoal pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2007-2013 (R\$ milhões)

Recursos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bolsas CNPq	3,8	14,0	12,0	17,0	2,5	7,0	19,3

Fonte: Rivera e outros (2015).

O Quadro 3 insere, em ordem alfabética, as 25 DHs presentes no país, informando seu local de instalação, sua natureza jurídica, seu modelo de negócios e seu número de colaboradores. Utiliza-se, nessa tabela, uma tipologia de modelos de negócios diferente da apresentada no Capítulo 3, pois o objetivo é ver a cadeia de valor do ponto de vista da atividade de *design*. São seis os modelos possíveis: *pure-play IP* (foco no licenciamento de *IP cores*), *pure-play design* (foco na prestação de serviços de desenvolvimento de projeto de CIs), *fabless* (foco na especificação e comercialização de CIs que levam a marca da empresa), *cativo* (subsidiária de empresa multinacional que presta serviços de acordo com as decisões da matriz), *verticalizado* (foco no equipamento ou solução da qual o CI é parte)¹²⁹ e *EDA* (foco no desenvolvimento de ferramentas para EDA). Sete dessas empresas já não estão mais operando: C.E.S.A.R, CT-PIM, Design House Belo Horizonte (DHBH), Minas IC, Núcleo de Projetistas de Circuitos Integrados (NPCI), STI Semicondutor Design (*joint venture* entre a Semp e a Toshiba Corporation) e TE@I2. O C.E.S.A.R transferiu a sua equipe de *design* para a SiliconReef em 2008 e a Minas IC ainda não fechou formalmente, mas não está trabalhando em nenhum projeto de *design*.

¹²⁹ A verticalização é entendida não tanto como a empresa executar internamente todas as etapas de produção do componente semicondutor (como a Intel), mas como a empresa produzir tanto o componente semicondutor quanto o produto no qual ele será inserido (como a Samsung). A Ceitec S.A. seria considerada uma empresa verticalizada do primeiro tipo, mas é classificada como *fabless* porque a sua foundry ainda está em fase de transferência de tecnologia e não está, portanto, em operação comercial.

Quadro 3. *Design houses* no Brasil

Empresa	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Modelo de negócios	Faixa de colaboradores
Cadence	MG	Belo Horizonte	Com fins lucrativos	<i>Electronic design automation</i>	De 51 a 100
Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada	RS	Porto Alegre	Instituição pública	<i>Fabless</i>	De 31 a 50
Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife	PE	Recife	Sem fins lucrativos	Verticalizada privada	Até 5
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste	PE	Recife	Instituição pública	Verticalizada pública	De 11 a 20
Chipus	SC	Florianópolis	Com fins lucrativos	<i>Pure-play IP</i>	De 11 a 20
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações	SP	Campinas	Sem fins lucrativos	Verticalizada privada	De 21 a 30
Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Polo Industrial de Manaus	AM	Manaus	Sem fins lucrativos	Verticalizada pública	De 11 a 20
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	SP	Campinas	Instituição pública	Verticalizada pública	De 21 a 30
DFChip	DF	Brasília	Sem fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	De 11 a 20
Design House Belo Horizonte	MG	Belo Horizonte	Sem fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	Até 5
ExcelChip	SP	São Paulo	Com fins lucrativos	Verticalizada privada	Até 5

(continua)

(continuação)

Empresa	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Modelo de negócios	Faixa de colaboradores
Floripa DH	SC	Florianópolis	Sem fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	Até 5
Idea! Sistemas Eletrônicos	SP	Campinas	Com fins lucrativos	<i>Pure-play IP</i>	De 6 a 10
Instituto Eldorado	SP	Campinas	Sem fins lucrativos	Verticalizada privada	De 51 a 100
LSI-TEC	SP	São Paulo	Sem fins lucrativos	Verticalizada pública	De 31 a 50
Minas IC	MG	Itajubá	Com fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	Até 5
Núcleo de Projetistas de Circuitos Integrados	RJ	Rio de Janeiro	Sem fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	Até 5
NXP	SP	Campinas	Com fins lucrativos	Cativa	Mais de 100
Perceptia	SP	Campinas	Com fins lucrativos	Cativa	Até 5
Senai Cimatec	BA	Salvador	Sem fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	De 6 a 10
Silicon Reef	PE	Recife	Com fins lucrativos	<i>Fabless</i>	De 6 a 10
SMDH	RS	Santa Maria	Sem fins lucrativos	<i>Fabless</i>	De 6 a 10
STI Semicondutor Design	SP	São Paulo	Com fins lucrativos	Cativa	Até 5
TE@I2	PE	Recife	Sem fins lucrativos	<i>Pure-play design</i>	Até 5
Von Braun Labs	SP	Campinas	Sem fins lucrativos	Verticalizada privada	De 21 a 30

Fonte: Elaboração própria, com base em ABDI (2014) e em informações fornecidas pelas empresas.

Uma característica importante das DHs é o fato de elas não fazerem publicidade. Ao contrário, para se firmarem no mercado, elas dependem de relacionamentos de longo prazo com seus clientes e das referências que eles passam adiante. Portanto, ter experiência e casos

de sucesso é muito importante. Sobre as competências necessárias para ter sucesso, ABDI (2014, p. 25-26) afirma que:

Para uma *design house*, é fundamental a manutenção de relacionamentos fortes e relações de cooperação e parceria com clientes e fornecedores. A capacidade de cumprir prazos, as referências obtidas junto aos clientes, a experiência acumulada ao longo do processo de desenvolvimento de projetos, o emprego de processos de reuso, a capacidade de seleção adequada de *IP-cores* e de *foundries* são competências necessárias para a sua sobrevivência no mercado. Essas competências são pesos colocados na balança pelo cliente, junto com o custo dos serviços.

Segundo ABDI (2011; 2014) e Rivera e outros (2015), as DHs instaladas no Brasil enfrentam diversos problemas. Um deles é o convívio entre instituições sem fins lucrativos e empresas com fins lucrativos e que a forma desigual como recebem incentivos do governo afeta o ambiente competitivo.

Empresas com fins lucrativos concorrem com empresas públicas e instituições científicas e tecnológicas (ICTs) em situação de desigualdade. Ao invés de estimular o surgimento de um ecossistema virtuoso, o arcabouço jurídico e as políticas governamentais, embora não seja esta a sua intenção, acabam favorecendo o surgimento de um ambiente inóspito para atividades com fins de lucro (ABDI, 2014, p. 20).

Rivera e outros (2015, p. 391) afirmam, no mesmo sentido, que “[...] há forte concentração do apoio para ICTs públicas e sem fins lucrativos” e, ainda, que estas são “frequentemente gerenciadas por pro-

fessores universitários, que acumulam a tarefa de conduzir a DH às atividades docentes”.

Um segundo problema importante são a dificuldade de inserção nas redes globais de *design* e a falta de demanda local, pois são poucas as empresas presentes no Brasil – tanto estrangeiras quanto nacionais – que demandam serviços de *design*. As empresas multinacionais, por um lado, não demonstram interesse em utilizar nos seus projetos as DHs instaladas no Brasil. As empresas nacionais, por outro, têm porte menor, não pensam de modo estratégico e não dispõem dos recursos necessários para contratar o serviço de *design*, preferindo adquirir soluções prontas. Esse é um ponto crucial quando se pensa que o modelo incentivado pelo governo brasileiro foi justamente o *pure-play design*. Em face dessa dificuldade, poucas empresas mantiveram foco nesse tipo de negócio, e as que mantiveram enfrentaram dificuldades para sobreviver. De acordo com Rivera e outros (2015, p. 369),

[...] nenhuma das iniciativas de puro serviço de *design* (DH) conseguiu decolar [...]. As empresas e ICTs que ganham alguma maturidade evoluíram para outros modelos – embora muitas tenham mantido as atividades de serviços de *design* como forma de manter suas equipes em atividade e complementar o portfólio.

No entanto, as empresas que evoluíram para outros modelos de negócios também enfrentaram problemas, pois

a mudança de foco de serviços para produto ou solução reduz a eficácia das políticas implementadas pelo governo [...]. O foco em produto ou solução requer recursos humanos com perfil de competências e habilidades diferente daquele fornecido no âmbito do CI-Brasil. Também exige volumes superiores de capital (ABDI, 2014, p. 20).

Rivera e outros (2015, p. 381) afirmam que “[...] há que se considerar o perfil do empreendedor de projetos de CI brasileiro, de formação técnica sólida, mas com pouca base em negócios, experiência e credibilidade no exterior”. Além disso, há entraves legais envolvendo a comercialização de produtos por instituições sem fins lucrativos, o que reduz bastante o número de DHs aptas a mudar de estratégia. Apesar das dificuldades, ABDI (2014) avalia que as empresas mais exitosas são justamente as que abandonam a estratégia *pure-play design*.

Um dos entrevistados relatou que se sabia, na época da formulação do programa, que o sucesso das empresas dependeria do desenvolvimento de habilidades comerciais e gerenciais. Entretanto, diante do volume limitado de recursos, esperava-se que as empresas adquirissem essas habilidades de outra forma, que não pelo apoio governamental direto.

O objetivo inicial era aproveitar um pouco os centros de projeto que havia nas universidades e nas instituições de ensino e pesquisa e oferecer as ferramentas mínimas para que a *design house* efetivamente operasse. E aí nós estamos falando de licenças acadêmicas que o governo adquiriu, infraestrutura de projeto – ou seja, infraestrutura de máquinas, que muitos centros adquiriram por sua própria iniciativa – e bolsas para os projetistas. [...] A estratégia estava correta. O que não funcionou? As *design houses* receberam o que era necessário para elas operarem. Mas aí entrou uma parte que a gente sempre soube que teria. É o seguinte: tem uma fase de aprendizado do *business*, do negócio projeto ou do negócio serviços. Só que o Ministério da Ciência e Tecnologia não tinha recursos para apoiar essa parte do *business*. E aí é que eu acho que o programa falhou. Não que não se soubesse.

[Entendia-se] que outros mecanismos já existentes na economia seriam suficientes para dar porte, sustentabilidade, para trazer projetos para as *design houses*. E isso não ocorreu (Entrevistado E).

Nesse sentido, ABDI (2011) identificou que a principal deficiência das DHs brasileiras está na área comercial. Das 19 empresas nacionais, apenas oito informaram ter tido faturamento de vendas em 2009 e 2010. Em 2009, para três DHs os valores foram inferiores a R\$ 100 mil, para quatro os valores se situaram entre R\$ 100 mil e R\$ 1 milhão e apenas para uma o faturamento superou R\$ 1 milhão. Em 2010, duas DHs informaram faturamento inferior a R\$ 100 mil e seis informaram faturamento entre R\$ 100 mil e R\$ 1 milhão. Entre as razões identificadas para esse baixo desempenho comercial, estão, além do já citado incipiente mercado interno de consumo de semicondutores, a falta de profissionais com experiência em vendas nas DHs, a falta de credibilidade e de acesso a fornecedores e mercados pelas DHs brasileiras e a falta de fabricantes de semicondutores como âncora para as DHs.

A falta de fabricantes de semicondutores no Brasil que atuem como âncoras para as DHs foi recentemente mitigada, pois as empresas brasileiras passaram a ter acesso a serviços de prototipagem e fabricação no exterior de maneira facilitada. Desde 2013, o Imec, um instituto de pesquisa em microeletrônica com sede na Bélgica, tem uma representação em Campinas que intermedeia a contratação de serviços de fabricação, encapsulamento, teste e logística. Essa iniciativa faz parte de um programa da TSMC chamado Value Chain Aggregator.

O programa Agregador de Cadeia de Valor (VCA) da TSMC amplia nossa capacidade de atender a uma

ampla gama de clientes. Os membros da VCA são empresas independentes de serviços de design que trabalham em estreita colaboração com a TSMC para auxiliar empresas de sistemas, fabricantes de ASIC e clientes emergentes a transformar inovação em produção¹³⁰ (TSMC, 2016).

De acordo com o Imec, várias empresas brasileiras já fizeram uso desse serviço. Cabe citar as DHs LSI-TEC, Chipus, CPqD e CTI e a empresa Kryptus, que trabalha com segurança da informação e criptografia. Além disso, o Imec oferece também oportunidade de prototipagem gratuita de CIs para universidades por intermédio do programa Europractice (CI-BRASIL, 2016). Outra iniciativa foi o lançamento, em 2015, do Projeto Multiusuário Brasileiro (Pmub), que põe à disposição da indústria nacional e da comunidade acadêmica as tecnologias licenciadas pela Ceitec S.A. e possibilita a prototipagem de CIs na X-FAB, na Alemanha.

Além das DHs, o programa de treinamento do CI-Brasil também é alvo de críticas. A principal delas diz respeito ao excesso de projetistas formados e questiona a real necessidade de um programa de formação tão robusto.

Quinhentos projetistas de circuitos integrados, duzentos caras capacitados para trabalhar em processo de circuitos integrados. Vão trabalhar aonde? Não tem onde trabalhar. [...] Não adianta aumentar a oferta se não tiver demanda. Então, a gente tem que trabalhar casando as duas coisas. [...] À medida

¹³⁰ TSMC's Value Chain Aggregator (VCA) program extends our ability to serve a broader range of customer. VCA members are independent design service companies working closely with TSMC to help system companies, ASIC companies, and emerging start-up customers bring their innovation to production.

que uma empresa nova chega, opa, vamos colocar alguém próximo, as escolas mais próximas do lugar dessa empresa para você ir formando gente, e essas pessoas, no futuro, serem a mão de obra dessa empresa. E essa empresa, para começar a rodar, vai trazer gente de fora, vai dar um jeito. E depois a gente forma. Mas não dá [...] ter um estoque de projetistas, um estoque de gente ótima em circuitos integrados (Entrevistado D).

Assim, ABDI (2011; 2014) questionam o sucesso das empresas de projeto no Brasil e apontam que o principal problema é o acesso ao mercado. A demanda interna é muito incipiente, e a ausência de casos de sucesso dificulta a inserção nas redes globais. Outro problema relevante, segundo esses estudos, é a falta de competências para evoluir em direção a outros modelos de negócios, como o *fabless* e o verticalizado. A avaliação de ABDI (2011, p. 58-59) resume bem a situação:

os resultados alcançados pelas DHs [...] ainda são tímidos. As empresas criadas ainda têm muitas fragilidades, principalmente no que se refere a capacidade organizacional e comercial. [...] O ecossistema de semicondutores brasileiro ainda é muito pequeno, frágil e requer muita atenção e investimento para se consolidar.

Quanto a sugestões de novas políticas para o setor, ABDI (2014) afirma que é imprescindível para o Brasil ter uma política de incentivo à demanda interna e que a revitalização das cadeias produtivas locais, se for acompanhada de amarração entre fornecedores e ofertantes, é uma boa oportunidade para a solução desse gargalo. Além disso, ABDI (2014) sugere também que as políticas foquem seus esforços em empre-

sas com fins lucrativos, que sejam oferecidos cursos de capacitação em outras competências para além da de projeto propriamente dito e que as empresas verticalizadas sejam incentivadas a subcontratar o serviço das empresas *pure-play design*.

Na visão de Rivera e outros (2015), os principais desafios na área de projetos no Brasil são formar massa crítica, ter e divulgar casos de sucesso, que inspirem novos empreendedores e ajudem a credibilidade de empresas locais, e desenvolver mercado local, uma vez que faltam empresas que façam projeto de produto no nível eletrônico e demandem volumes relevantes de CIs.

A oferta de solução completa (*reference design*) pode aproximar essa relação. Dada a aceleração da inovação, os fabricantes de equipamentos eletrônicos demandam progressivamente mais soluções completas, ficando mais concentrados nos atributos de *design* de funcionalidade, marca e interação com o usuário. Nesse contexto, os departamentos de engenharia de produto têm crescido significativamente nas *fabless* e IDMs, que passam a desenhar CIs já associados a produtos de referência que demonstrem as funcionalidades do *chip* e permitam customizações específicas. Tal tendência justifica a dificuldade das iniciativas que se posicionaram como DHs no CI-Brasil, que tiveram muita dificuldade de acessar mercado (RIVERA *et al.*, 2015, p. 381).

Para melhorar o Programa CI-Brasil, tanto no eixo de formação de recursos humanos quanto no eixo de promoção de DHs, Rivera e outros (2015) sugerem uma série de medidas:

- disponibilizar um fluxo de recursos previsível no longo prazo para o programa;

- melhorar o valor da bolsa e conceder diploma de mestrado para tornar o programa de formação de projetistas mais atrativo;
- fortalecer centros de pesquisa e universidades que atuam no setor;
- aperfeiçoar a estratégia em focos de desenvolvimento, modelos de negócios a serem priorizados, acesso ao mercado e oferta comercial; e
- concentrar recursos em torno de poucos projetos e de DHs que sinalizem capacidade para executá-los.

Em relação à frequentemente mencionada necessidade de ter casos de sucesso, é essencial reconhecer que já existem importantes exemplos. Em 2012, o Instituto Eldorado desenvolveu um demodulador para TV digital que foi o primeiro *chip* desenvolvido em 65 nm na América Latina (BRASIL..., 2012a). Também em 2012, a SMDH, em parceria com a Chipus, desenvolveu o primeiro MCU projetado por empresas 100% brasileiras, o ZR16, e uma empresa do Rio Grande do Sul, a Exatron, já havia encomendado um lote de 5 mil unidades (ROESE, 2012). O CPqD, por sua vez, em 2014, apresentou um primeiro protótipo de um processador para rede de transporte óptico desenvolvido utilizando tecnologia 40 nm, projeto que contou com recursos do BNDES e do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) (CPQD..., 2014b). No ano seguinte, o CPqD desenvolveu, com apoio do Funttel, o protótipo para teste do primeiro DSP do mundo utilizando tecnologia de 16 nm (CPQD..., 2015).

Um dos entrevistados declarou que o governo buscou solucionar o problema de acesso ao mercado no início do Programa CI-Brasil:

[...] no começo do programa, 2005 a 2010 mais ou menos, também [o programa] conseguiu apoiar as *design houses* com fomento a desenvolvimento de projetos entre as empresas do setor de TICs e de outros setores e as *design houses*. [...] com o apoio do governo, projetos começaram a ser executados. [...] Só que, depois que o governo teve a dificuldade de recursos orçamentários para continuar o ciclo de desenvolvimento, que é longo, aí também, novamente o mercado não supriu as *design houses* com demandas para que elas se tornassem independentes e sustentáveis (Entrevistado E).

Segundo esse mesmo entrevistado, o governo avalia que hoje esta é justamente a linha do programa que precisa ser mais incentivada.

Hoje [o governo] está redesenhando o Programa CI-Brasil no sentido de aproveitar toda a infraestrutura que foi criada – na parte de *design* – buscando uma cooperação internacional entre as *design houses* brasileiras e as *design houses* estrangeiras, buscando atrair as *design houses* de grandes empresas para o Brasil e buscando novamente ter projetos com apoio público, pelos diversos mecanismos existentes, que estimulem as empresas que desenvolvem os produtos a buscarem o desenvolvimento de componentes aqui. [...] *se estabelece agora uma nova situação na qual o foco agora não é mais de treinamento, de formação, de capacitação. O foco agora é de negócios.* Porque a competência já existe. [...] nesse tempo desde 2005 até hoje, as *design houses* já tiveram o seu aprendizado, já tiveram aquela fase de mortalidade, e hoje elas estão bem preparadas para desenvolver projetos, no tempo necessário, com a qualidade necessária, e

sabendo já, entendendo todo o ecossistema, que não é vender o *chip*. O negócio das *design houses* não pode ser projetar e vender o *chip*. Ela tem que trabalhar de uma forma diferente e daí cada um tem o seu modelo. [...] [a evolução do programa] demanda agora uma nova fase na qual as *design houses* é que liderarão o processo, elas é que buscarão o seu caminho de competitividade, de sustentabilidade, de independência do apoio governamental direto (Entrevistado E, grifos nossos).

4.4.5 O Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores, 2007

Em 2007, por meio da Lei 11.484, o Governo Federal instituiu o Padis, que beneficia as empresas que produzem dispositivos semicondutores ou mostradores de informação (*displays*).¹³¹ Em relação aos dispositivos semicondutores, as atividades produtivas previstas no Decreto 6.233, de 2007,¹³² são: (i) concepção, desenvolvimento e projeto (*design*); (ii) difusão ou processamento físico-químico; e (iii) corte, encapsulamento e teste. Em relação aos *displays*, as atividades produtivas previstas pela legislação são: (i) concepção, desenvolvimento e projeto (*design*); (ii) fabricação dos elementos fotossensíveis,

¹³¹ *Somente os displays com tecnologia baseada em componentes de cristal líquido, ou liquid crystal display (LCD), fotoluminescentes (painel mostrador de plasma, ou plasma display panel – PDP), eletroluminescentes (LED, diodos emissores de luz orgânicos, ou organic light-emitting diode – Oled ou displays eletroluminescentes a filme fino, ou thin film electroluminescent devices – TFEL) ou similares com microestruturas de emissão de campo elétrico, destinados à utilização como insumo em equipamentos eletrônicos. Não estão ao alcance do incentivo os tubos de raios catódicos.*

¹³² *Posteriormente alterado pelos decretos 7.600, de 2011, 7.913, de 2013, e 8.247, de 2014.*

foto ou eletroluminescentes e emissores de luz; e (iii) montagem final do mostrador e testes elétricos e ópticos. O referido decreto também estabelece que a empresa incentivada deve exercer exclusivamente as atividades descritas (BRASIL, 2007a; 2011b; 2013a; 2014a).¹³³ O Padis beneficia também as empresas que produzem insumos e equipamentos estratégicos dedicados e destinados à industrialização de dispositivos semicondutores e de *displays*, desde que a atividade de fabricação seja realizada conforme o PPB estabelecido pelos ministérios do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e da Ciência, Tecnologia e Inovação.¹³⁴

Os benefícios oferecidos pelo Padis são:

- redução a zero das alíquotas de PIS/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (Pasep), Cofins, PIS/Pasep-Importação, Cofins-Importação e IPI para aquisição, seja no mercado interno, seja no externo, de máquinas, aparelhos, instrumentos, equipamentos, ferramentas computacionais (*software*) e insumos;
- redução a zero da alíquota de Imposto de Importação para aquisição no exterior de máquinas, aparelhos, instrumen-

¹³³ Por exemplo, as empresas habilitadas para fazer o back-end de memórias podem apenas cortar, encapsular e testar as memórias e não podem montá-las em módulos; a atividade de montagem deve ser feita por outra empresa. Outro exemplo são as etiquetas inteligentes: o chip radio-frequency identification (RFID) é incentivado pelo Padis, mas a etiqueta (tag) em que ele é aplicado não é. Dessa forma, somente a fabricação do chip pode ser feita por uma empresa habilitada no Padis, e a montagem da etiqueta deve ser realizada por outra empresa.

¹³⁴ O Anexo I do Decreto 6.233/2007 lista os produtos finais – dispositivos semicondutores, displays e insumos e equipamentos estratégicos – cuja produção pode ser incentivada e os respectivos códigos na Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) (BRASIL, 2007a).

tos, equipamentos, ferramentas computacionais (*software*), matérias-primas e insumos;¹³⁵

- redução a zero das alíquotas de PIS/Pasep, Cofins e IPI nas vendas;
- redução em 100% da alíquota do Imposto de Renda, e o valor que deixar de ser pago “não poderá ser distribuído aos sócios e constituirá reserva de capital da pessoa jurídica que somente poderá ser utilizada para absorção de prejuízos ou aumento do capital social” (BRASIL, 2007b).

O objetivo do Governo Federal era tanto desonerar a produção e os investimentos quanto aumentar a competitividade dos produtos incentivados na fase de comercialização. Em contrapartida, a lei exige que as empresas beneficiadas realizem investimentos em P&D nas áreas de microeletrônica, optoeletrônica, ferramentas computacionais (*software*) de suporte a tais projetos ou metodologias de projeto e de processo de fabricação dos componentes. Inicialmente, a lei estabelecia que o montante gasto em P&D deveria corresponder a pelo menos 5% do faturamento bruto no mercado interno. No entanto, o percentual mínimo foi reduzido para 3% de 2014 a 2015 e 4% de 2016 a 2018, devendo retornar ao valor de 5% em 2019 (BRASIL, 2014a). Caso os gastos em P&D não atinjam o mínimo exigido, a empresa deverá aplicar o valor residual, acrescido de multa de 20%, no FNDCT.

Para usufruir dos benefícios do Padis, a empresa deve submeter para aprovação do MCTI e do Mdic um projeto descrevendo suas ati-

¹³⁵ Os anexos II, III e IV do Decreto 6.233/2007 listam, respectivamente: (i) as máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos; (ii) os insumos; e (iii) as ferramentas computacionais para emprego nas atividades vinculadas aos produtos finais, bem como os respectivos códigos NCM, cuja aquisição é passível de incentivo (BRASIL, 2007a).

vidades e seus investimentos em P&D.¹³⁶ Além da Lei 11.484/2007 e do Decreto 6.233/2007 (e das suas posteriores atualizações), uma série de portarias regulamenta o funcionamento do Padis. A Portaria Interministerial MCT/Mdic 290/2008 forneceu as instruções para apresentação dos projetos das empresas (BRASIL, 2008d). A Portaria Interministerial MCT/Mdic/MF 297/2008, por sua vez, estabeleceu os procedimentos e o prazo para análise dos projetos apresentados e criou o Grupo Técnico Interministerial (GTI-Padis), responsável por avaliar os pleitos. Esse grupo é composto por dois representantes do MCTI, que coordenam o grupo, dois representantes do Mdic e dois representantes do Ministério da Fazenda (BRASIL, 2008e). A Portaria MCTI 697/2013 forneceu as instruções para a elaboração dos relatórios demonstrativos (BRASIL, 2013b). Por fim, a Portaria Interministerial MCTI/Mdic 1.045/2014 estabelece quais são as etapas de produção que caracterizam, para as células solares montadas em módulos ou painéis, as atividades de “corte, encapsulamento e teste” (BRASIL, 2014c).

Nos primeiros três anos do Padis (2007-2009), não houve nenhum projeto aprovado¹³⁷ (BRASIL, 2014d). Isso é explicado pela necessidade de regulamentação do programa, que demorou algum tempo para ser concluída. Considera-se que o programa se tornou operacional apenas em 2011. A partir de 2010, vinte empresas de componentes semicondutores tiveram seus projetos aprovados no Padis. Em 2010, foram aprovados os projetos da Siliconreef – empresa *fabless* de CIs, em Recife (PE) –, da

¹³⁶ Inicialmente, a lei previa um prazo de quatro anos, prorrogáveis por mais quatro, para a apresentação de projetos. Em 2015, o prazo foi prorrogado para 31 de julho de 2020.

¹³⁷ Depois de a empresa ter o seu projeto aprovado pelo MCTI e pelo Mdic, o Ministério da Fazenda ainda precisa habilitá-la a fruir do Padis. Depois da habilitação, a empresa irá fruir se realizar alguma das atividades enquadradas (adquirir bens ou insumos e comercializar produtos). Em 2011, apenas uma empresa fruiu do programa. Em 2012, foram duas.

Ceitec S.A. – empresa *fabless with manufacturing capabilities* de CIs, em Porto Alegre (RS) –, e da Smart Modular Technologies – empresa de *back-end* de CIs, em Atibaia (SP). Em 2012, foram aprovados os projetos da Unitec Semicondutores – empresa *fabless with manufacturing capabilities* de CIs, em Ribeirão das Neves (MG) –, da HT Micron – empresa de *back-end* de CIs, em São Leopoldo (RS) –, da Flex IC – fabricante de circuitos híbridos, em Iperó (SP) –, ¹³⁸ da Idea! – DH de CIs, em Campinas (SP) – e da Chipus – DH de CIs, em Florianópolis (SC).

Em 2013, foi aprovado o projeto da Multilaser – empresa de *back-end* de CIs, em Extrema (MG). Em 2015, foram aprovados os projetos da Techno-Cells – empresa integrada de células fotovoltaicas, em Colatina (ES) –, da Adata Integration – empresa de *back-end* de CIs, em Santo Antônio de Posse (SP) –, da Cal-Comp – empresa de *back-end* de CIs, em Manaus (AM) –, da Gigastone do Brasil – empresa de *back-end* de CIs, em Varginha (MG) –, da BrPhotonics – empresa integrada de componentes fotônicos, em Campinas (SP) –, da Sunew – empresa integrada de filmes fotovoltaicos orgânicos, em Belo Horizonte (MG) – e da High Bridge Semicondutores – empresa de *back-end* de CIs, em São José dos Campos (SP). Em 2016, foram aprovados os projetos da First Solar – empresa de *back-end* de módulos fotovoltaicos, em Sorocaba (SP) –, da ViV Brasil – empresa de *back-end* de módulos fotovoltaicos, em Salvador (BA) –, da BYD Energy do Brasil – empresa de *back-end* de módulos fotovoltaicos, em Campinas (SP) – e da S4 Solar do Brasil – empresa integrada de células fotovoltaicas, em Suape (PE). Ainda não há nenhuma empresa de *displays* com projeto aprovado. ¹³⁹ A Tabela 10 mostra alguns indicadores do programa.

¹³⁸ A Flex IC nunca entrou em operação.

¹³⁹ O Apêndice B desta dissertação apresenta informações detalhadas sobre os projetos aprovados de cada empresa.

Tabela 10. Indicadores do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Número acumulado de empresas incentivadas	3	3	8	9	9	16
Número de empresas que fruíram o benefício	0	1	2	5	ND	ND
Faturamento bruto anual das empresas incentivadas (R\$ milhões)	–	336,8	253,4	300	500	1.000
Importações (US\$ milhões)	–	100	86,4	ND	ND	ND
Renúncia fiscal (R\$ milhões)	–	41,7	67,8	ND	ND	ND
Investimentos em P&D em semicondutores (R\$ milhões)	–	12,5	14,3	15	ND	ND

Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (2014e; 2014b; 2015c; 2016).

Nota: Os dados referentes a 2013, 2014 e 2015 são números aproximados fornecidos nos Relatórios de Gestão do Exercício da Sepin. O Relatório GTI-Padis para o triênio 2013-2015 não havia sido publicado até o fechamento desta pesquisa, em 30 de junho de 2016.

Na avaliação de Rivera e outros (2015), o Padis foi um passo importante na construção de uma política para a indústria de semicondutores no Brasil. No entanto, o incentivo

não evoluiu como deveria tanto no escopo dos incentivos como na atualização dos modelos de negócio da indústria e incorporação de novos produtos. Ademais, a morosidade em sua operacionalidade [...] faz do PADIS um regime um tanto desatualizado e com escopo limitado (RIVERA *et al.*, 2015, p. 385).

Os entrevistados também partilham da opinião de que o Padis é uma importante ferramenta de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil:

Não tem um pacote de incentivos no Brasil maior que o Padis. [...] esse é o maior e melhor pacote que existe. É o melhor conjunto de incentivos e benefícios para o setor produtivo (Entrevistado E).

[...] o programa é um instrumento importante. As empresas não considerariam investir aqui sem os incentivos do Padis, ainda que não estejam totalmente adequados (Entrevistado F).

O Padis é uma lei que foi muito bem construída, foi muito bem concebida. Graças aos esforços daqueles que ainda estão lá no Ministério da Ciência e Tecnologia, notadamente o Henrique Miguel¹⁴⁰ (Entrevistado J).

Além disso, o Entrevistado F ressaltou também a importância do Padis no financiamento de atividades de P&D no Brasil:

O Padis é um programa fundamental para a competitividade do setor, precisa de ajustes, [mas] trabalha bem a questão de você ter um incentivo de P&D [...]. O faturamento incentivado do Padis gera um volume de recursos interessante, ou pode gerar um volume de recursos interessante para aplicação em P&D, seja pela empresa e suas parcerias, seja pela parceria da empresa com os institutos credenciados pelo Cati,^[141] conforme exige a legislação. Você injeta uma grana de P&D interessante nos laboratórios oficiais e particulares credenciados, gerando mais pesquisadores, mais projetos, mais desenvolvimento de tecnologia. Esse é o propósito do negócio (Entrevistado F).

Acerca do processo de construção do programa, os entrevistados relataram que o Padis foi fruto da discussão que vinha sendo feita desde o início dos anos 2000 e que sempre apontava para a necessidade de se criar um incentivo fiscal para a indústria de semicondutores. A

¹⁴⁰ Henrique Oliveira Miguel é o coordenador-geral de Microeletrônica na Secretaria de Políticas de Informática do MCTI.

¹⁴¹ Comitê da Área de Tecnologia da Informação do MCTI.

discussão ganhou concretude a partir de 2005. O resultado final, entretanto, ficou aquém do esperado, na opinião de alguns.

A parte tributária, em 2005, 2006 já se começou a pensar em um programa que no início de 2007 virou o Padis, que é o instrumento-base que está aí hoje. Não da forma que a gente idealizou lá atrás, porque nós achávamos que tinha que ser uma coisa muito mais agressiva. [...] não saiu da forma como a gente imaginou (Entrevistado F).

O programa, ele foi pensando justamente na linha do que outros países fazem. Eles dão incentivo às vezes pesado para a instalação dessa indústria aqui (Entrevistado F).

Na realidade, se você pegar o documento do BNDES de 2002, você vai ver que o conjunto de incentivos que os países oferecem para esta indústria, seja de projeto, seja de fabricação, é muito maior que o Padis ofereceu. Nem se compara (Entrevistado E).

Ainda que fosse uma demanda já com alguns anos, um dos entrevistados relata que “*no segundo semestre de 2006, é que houve uma dedicação maior. Digamos assim, houve a decisão de governo: ‘olha, vai ter um programa de incentivos’*” (Entrevistado F, grifos nossos). De acordo com esse entrevistado, a determinação política de propor e aprovar a lei de incentivo foi essencial.

Mas no final das contas, o que eu falo é o seguinte: não dava para definir “o Fórum [de Competitividade] acha que tem que ter uma política”. *Tem que alguém lá em cima – ministro, Presidente da República – chegar e falar “é para fazer”*. Teve um pouco disso, entendeu? [...] Houve uma sinalização para fazer (Entrevistado F, grifos nossos).

O aspecto político do incentivo também foi lembrado no depoimento de outro entrevistado:

O Padis era extremamente necessário. Você não tem como atrair investimentos em uma nova região sem um incentivo, sem um incentivo fiscal forte. Eu te digo com toda a convicção que quando você pega os *cases* de sucesso, seja na Irlanda, seja Nova York, seja Dresden, o elemento-chave da atração de investimento foram as vantagens fiscais. Porque, quando uma empresa vai tomar a decisão de investir em uma nova região, todo mundo fala de mão de obra qualificada, todo mundo fala de *supply chain*, de logística. Tudo isso é superável e tudo isso vem em segundo plano. *O primeiro elemento de avaliação na tomada de decisão de investimento em uma nova região é, não somente a entidade em termos absolutos do incentivo fiscal, e isso é importante para justamente compensar a learning curve, a curva de aprendizado que você vai necessariamente ter que passar em uma nova região, é inquestionável isso, mas também o nível de compromisso das autoridades.* Eu vejo que *é fundamental o Estado Desenvolvimentista*, o papel do governo não só em prover o incentivo fiscal para que a tomada de decisão do investimento seja feita na direção que se espera, mas também no sentido de ajudar para que o mercado doméstico possa ser abastecido por essa indústria. Então você tem que criar demanda para essas indústrias no mercado doméstico. Sobre tudo no Brasil, onde você tem um mercado doméstico forte. Então eu acho que o Padis, combinado com os PPBs e com os mecanismos de incentivos, é uma combinação muito forte. Ela não deve ser eterna. Não acredito que ela deveria ser eterna no tempo. Mas ela é muito importante nessa fase. [...] Então eu vejo com

absoluta importância. E eu acho que o Padis foi muito bem-concebido [...]. E tem coisas que a gente está lutando para aperfeiçoá-lo, para melhorar... Quer dizer, muitas coisas a gente só aprende depois que começa a fazer (Entrevistado J, grifos nossos).

Em relação à necessidade de aperfeiçoamento, é possível listar diversos pontos do Padis que poderiam ser melhorados na opinião das autoridades entrevistadas para este trabalho. Antes de discuti-los, porém, cabe ressaltar que existe um processo de aprendizagem pelo qual passam as políticas públicas.

Ele é um programa muito recente ainda. Nesse tempo [...], houve evolução de modelos de negócios, da própria tecnologia. Os componentes vão ficando menores, enfim. E a gente vai aprendendo também com isso, porque, à medida que os projetos foram sendo apresentados, a gente foi evoluindo a análise deles, conhecendo mais o setor, era um setor praticamente inexistente aqui. E a gente foi conhecendo algumas situações. E outros aperfeiçoamentos foram feitos à medida que o programa era implementado de fato (Entrevistado F).

Uma das principais demandas de alteração do Padis é a adequação ao modelo *fabless*. Em 2015, tramitava no Congresso Nacional um projeto de alteração do Padis (Projeto de Lei 21, no Senado Federal, e Projeto de Lei 719, na Câmara dos Deputados) que visava, entre outras coisas, considerar os dispositivos semicondutores projetados no país (etapa de *design*), mas fabricados no exterior (etapas de *front-end* e *back-end*), como insumos, quando da sua importação, para que gozassem das reduções nas alíquotas incidentes (BRASIL, 2015e; 2015). Atualmente, esses dispositivos são considerados pela Receita Federal

produtos acabados, pois não passarão por mais nenhuma etapa de manufatura antes de serem comercializados. Dessa forma, as empresas que adotam o modelo *fabless*, ao projetarem dispositivos no Brasil, mas terceirizarem a sua fabricação no exterior – o que é inevitável, pois não há, até o momento, nenhuma empresa que realize em escala comercial a etapa de *front-end*¹⁴² no país e as unidades de *back-end* são especializadas e atendem somente a alguns segmentos –, não podem usufruir dos incentivos fiscais do Padis.

Essa alteração beneficiaria quase todas as empresas do setor no Brasil, incluindo Ceitec S.A. e Unitec, que adotam o modelo *fabless with manufacturing capabilities*, ou seja, contam com capacidade produtiva no Brasil, mas terceirizam a fabricação de alguns produtos em *foundries* no exterior. Contudo, apesar de o projeto de lei ter sido aprovado no Congresso, esse trecho foi vetado pela Presidência da República. A razão do veto foi a seguinte: “as alterações propostas distorceriam o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis), ao autorizar o benefício de projetos com etapas importantes de sua cadeia produtiva realizadas fora do País” (BRASIL, 2015d).¹⁴³

De acordo com um dos entrevistados, os reais motivos por trás do veto seriam o ajuste fiscal realizado a partir do início de 2015 e a ideologia do Ministério da Fazenda:

¹⁴² Mesmo quando as unidades brasileiras de fabricação de componentes semicondutores entrarem em operação, empresas no exterior ainda serão utilizadas por diversos motivos. O principal deles é que as *foundries* brasileiras empregam tecnologia madura e não atendem, portanto, a demandas de fabricação de chips desenvolvidos utilizando geometrias avançadas.

¹⁴³ Esse mesmo projeto de lei propunha diversas outras alterações no Padis, que foram, em sua maioria, vetadas. Uma das demais alterações vetadas, por exemplo, foi a proposta de revogação do prazo para apresentação de projetos.

O [ministro da Fazenda] Joaquim Levy mandou a [Presidenta] Dilma [Rousseff] vetar, porque ele falou que não sabia o impacto [da alteração do incentivo]. Não tinha o impacto, mas quem calcula o impacto é ele. Então ele não calculou o impacto e disse para vetar porque não tinha calculado o impacto. E, na realidade, *isso é uma discussão muito filosófica*. Porque se eu não tenho o Padis, eu não tenho empresa nenhuma. Se não tem empresa nenhuma, eu estou abrindo mão de quê? De nada. Então qual que é o impacto? Zero. [...] É zero, é zero. Mas eles não aceitam isso. Porque eles partem do pressuposto de que a empresa viria do mesmo jeito. E aí eu estou dando uma coisa extra para a empresa. Ela viria, ela pagaria os impostos cheios. [...] *Eles partem de um pressuposto completamente falso. Que viria uma empresa para o Brasil se não tivesse incentivo*. Isso não existe, de jeito nenhum. [...] se não der o incentivo, não vem ninguém pra cá [...]. Porque no mundo inteiro, essa indústria é subsidiada. Essa indústria é tratada como estratégica e os governos põem dinheiro. [...] Não tem empresa, não tem ninguém vindo para cá. Vai pagar isso na forma de balanço de pagamentos ruim (Entrevistado D, grifos nossos).

No momento, os agentes envolvidos na elaboração e manutenção do Padis estão novamente articulando essa alteração, com vistas a encaminhá-la novamente ao Congresso no futuro:

[...] a gente tinha que encontrar uma forma de viabilizar a operação *fabless* e a operação *design house*. Fabricando o *chip* aqui ou lá fora, o componente, se foi desenvolvido aqui, tem que ser desonerado (Entrevistado E).

Outra importante demanda é a extinção dos anexos do Decreto 6.233/2007. Esses anexos determinam, por um lado, que produtos as

empresas habilitadas no Padis podem produzir e comercializar, e, por outro, quais equipamentos, insumos e ferramentas elas podem adquirir com incentivo fiscal. De acordo com um dos entrevistados,

[...] você restringe o Padis a um grupo de componentes semicondutores que não faz mais sentido hoje. Então o Padis foi feito [...] olhado para o passado [...]. Nós temos que fazer o Padis olhar para o futuro. E o que é o futuro? Não só esses componentes que a gente tem hoje aqui. São outros dispositivos, que já estão mapeados e conhecidos também (Entrevistado E).

Outro entrevistado relatou que:

Um caminho que já estava até relativamente azeitado dentro dessa coisa da legislação do Padis, mas que não avançou, era eliminar esses anexos. Eliminar significaria não perda de controle, não poder importar tudo ou comprar no mercado local tudo com incentivo tributário. Não é isso. A própria lei já indica que os incentivos são dados para máquinas, equipamentos, insumos destinados à atividade de produção de semicondutores e *displays*, para a área fim. [...] Então, na prática, cada projeto teria a sua lista. Esse era o raciocínio e isso estava até bem coordenado tecnicamente entre Mdic, MCTI e a própria Fazenda, com a Receita. Mas aí, de 2014 para 2015, houve a mudança de governo, ainda que a Presidente seja a mesma, mas houve ministros mudando. Equipes mudam, visões mudam também, pensamentos quanto à política mudam também. Isso acabou não avançando. Então a gente está tentando retomar essa conversa para ver... Só que essa demora pode custar caro (Entrevistado F).

Outro entrevistado explicou ainda que:

Primeiro, empresa que vai para o Padis, hoje, ela só pode fazer semicondutor. Então o cara não tem que ficar preocupado se ela precisa do equipamento A, B, C, se está na listagem, se não está na listagem. Na minha opinião, é o seguinte: É Padis? É. Então pode importar o que você quiser, é isento. Eu vou te fiscalizar depois. Se você fizer bobagem, você perde o Padis e ainda toma multa. Mas a Fazenda tem, vamos dizer assim, um pé atrás com isso porque é o famoso *ex ante* e *ex post*. No *ex post*, ela tem alguns históricos de cara corrupto, que arruma outros caminhos para esconder as coisas erradas. Então eles acham que tem que ser dupla [a fiscalização], *ex ante* e *ex post*. Então isso dificulta muito o Padis. Porque a gente fez o Padis pensando num *set* de equipamentos, para dar o exemplo com equipamentos. Mas, se o cara vai fazer um processo novo, que o equipamento não está ali, eu preciso de um decreto para entrar com ele no Padis. Isso demora, por baixo, seis meses (Entrevistado D).

Um avanço intermediário em direção à extinção dos anexos seria retirar os códigos Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) que acompanham a descrição dos bens nas listagens. De acordo com um dos entrevistados, esses códigos dificultam a operacionalização do incentivo:

[...] fica aquela luta: esse negócio encaixa nessa NCM ou não encaixa nessa NCM? E, na realidade, o NCM é, teoricamente, uma gaveta em que cabe um punhado de coisa dentro. Eu tô incentivando uma das coisas da gaveta, e não a gaveta inteira. Então, eu não posso botar NCM porque NCM não tem a correspondência biunívoca com o equipamento. [...]

[NCM] é classificação fiscal. Se ele classificar de uma forma correta, bonitinha, não tem problema. Eu estou dando o incentivo para o equipamento, não para a NCM. Isso já estava bem mais maduro para a gente tirar as NCMs das listas. Graças a Deus. Vamos ver se a gente consegue. Na nova versão que sair do Padis, já não vai ter mais NCM nas listas. Eu queria tirar a lista, mas a lista não dá pra tirar. Então, pelo menos tirar as NCMs da lista, desburocratiza um pouco mais, entendeu? Porque daí a gente pode botar descrições maiores, entendeu? E aí, a descrição maior pode ser mais abrangente, e ela conseguiria abarcar variações do mesmo equipamento. Mesmo até que ele mude de NCM. Não interessa se ele mudar de NCM (Entrevistado D).

Outra proposta de alteração é a de que os projetos apresentados ao Grupo Técnico Interministerial sejam analisados e aprovados por empresa, e não por produto, conforme vigora no momento.

O Padis nasceu com aquela concepção de que eu te falei, voltado para o passado. Então ele é muito similar à Lei de Informática. É aprovado projeto a projeto. Isso significa quase que produto a produto. Não tem sentido. A indústria de componentes tem que produzir qualquer componente. No entanto, o Padis tem que aprovar. A ideia do Padis, que a gente queria, era voltar o Padis ao mesmo princípio da Lei de Informática anterior, ou seja, a empresa é beneficiária do Padis. Alguns programas e regimes de incentivos hoje são assim, a empresa que é beneficiária (Entrevistado E).

Por fim, outra demanda é a desoneração de serviços, uma vez que o setor consome serviços especializados:

[...] a gente tem uma demanda específica que é a isenção da importação de serviços. Uma empresa como a nossa, no momento em que a gente está, a gente tem uma demanda muito grande por importação de serviços especializados. E isso é tributado hoje. Isso onera muito a gente (Entrevistado J).

Além das propostas discutidas, existe também uma discussão sobre a adequação do Padis ao setor solar:

o Padis não foi pensado para o setor solar. Ele está sendo aplicado agora para o setor solar, mas ele não foi pensado para o setor solar. Então, alguns pontos de regulamentação necessitam de alguns ajustes para adaptar o formato do programa ao setor solar. Pelo que as empresas sinalizam [...], só quando houver claramente esses ajustes [...], seja via Padis, seja via outro instrumento, é que o setor vai de fato investir pesado aqui. E a gente está perdendo uma oportunidade grande aí (Entrevistado F).

O Entrevistado F explicou que o Padis já foi ajustado em alguns pontos para atender ao setor solar, tanto que algumas empresas já até foram habilitadas. Entretanto, ainda há inconsistências, pois o programa incentiva a comercialização do bem final, mas os anexos não incluem insumos importantes do processo produtivo.

Hoje não está nesses anexos, principalmente no de insumos, o conjunto, ou quase todos os insumos para a fabricação de um módulo solar aqui. Então, na prática, se você vai importar ou comprar no mercado interno, você vai pagar os tributos inerentes à operação. [...] imagina a empresa incentivada, ela vai vender com zero. Esse incentivo ela vai ter. Aí ela pagou na entrada e vai vender com zero. Ela vai acumular cré-

ditos, vai virar custo para ela, ela não vai recuperar isso tão cedo. Sem contar que outros programas de incentivo dão um benefício para o módulo pronto, seja ele importado, seja ele nacional (Entrevistado F).

Na avaliação desse entrevistado, é preciso “desonerar a cadeia industrial. Não é privilegiar o produto nacional em relação ao importado. [...] Hoje você está tratando desigual e favorecendo o importado. Na prática, é isso que se está fazendo” (Entrevistado F). Outro entrevistado também afirma que o produto importado é favorecido: “hoje, se você fizer uma avaliação de insumos, tarifação, alíquotas de IPI não compensa produzir. É difícil, cruel. Por isso que eu te falei que *a sensibilidade do governo é zero. Como pode apoiar a importação?* É difícil” (Entrevistado E, grifos nossos).

No entanto, nesse campo também há resistência por parte do Ministério da Fazenda, que não deseja ampliar os benefícios e a renúncia fiscal:

[...] a gente tem que sensibilizar as autoridades, mostrar para a Fazenda, principalmente, que está com uma visão de que “não, eu vou abrir mão de renúncia”. Mas de uma renúncia que não existe. Eles fazem uma conta como se houvesse a receita decorrente da implantação de todos esses investimentos. Mas as empresas [...] claramente falam. E é unanimidade. Não tem uma que fala que está dando conta de produzir. Ou que dará conta de produzir se pagar os tributos (Entrevistado F).

4.4.6 Mecanismos de criação de mercado e outros instrumentos de incentivo

A política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil, além de seus instrumentos específicos – PNM, Programa CI-Brasil e Padis –,

conta também com outros instrumentos. Tendo em vista que a questão do acesso ao mercado foi identificada como uma das mais sensíveis, os principais instrumentos adicionais de incentivo à indústria de semicondutores são precisamente os mecanismos de criação de mercado.

A fim de estimular a criação de mercado para desenvolvimento e fabricação, diferentes mecanismos devem ser trabalhados em conjunto, tanto para aplicações de alto valor (foco das etapas de projeto e fabricação) como para aplicações de alto volume (foco do *back-end*). Os mecanismos mais importantes são o PPB (Lei de Informática), regulação de setores demandantes (saúde, energia, telecomunicações, transporte etc.), compras governamentais (como no caso de defesa, identificação, passaporte etc.) e exportação (direta ou embarcada) (RIVERA *et al.*, 2015, p. 386).

O principal e mais utilizado mecanismo de criação de mercado é a definição de PPBs. O mecanismo dos Processos Produtivos Básicos foi criado no início dos anos 1990 como instrumento da Lei de Informática e da Zona Franca de Manaus. Os PPBs consistem em um conjunto mínimo de operações que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto. Esse conjunto de operações é definido pelo MCTI e pelo Mdic, e as empresas devem cumpri-lo para ter acesso aos benefícios. Inicialmente, os PPBs definiam quais etapas da montagem deveriam ser realizadas localmente. Posteriormente, os PPBs começaram a exigir também conteúdo local, ou seja, a determinar que os fabricantes de alguns produtos eletrônicos deveriam adquirir localmente uma determinada parcela de alguns com-

ponentes.¹⁴⁴ Na medida em que alguns desses componentes a serem parcialmente adquiridos no mercado local são memórias, estabeleceu-se um poderoso instrumento de criação de mercado para a indústria de semicondutores.

Dessa forma, os PPBs garantem demanda para a indústria de semicondutores, especialmente para as empresas que trabalham com *back-end* de memórias. Diversos entrevistados ressaltaram a importância dos PPBs:

O Brasil aí [no segmento de memórias] tem demanda interna significativa e nós temos uma política estatal que sabe buscar orientar a demanda para essas empresas via regulamentação do PPB (Entrevistado A).

[...] o PPB é muito importante para as indústrias de semicondutores (Entrevistado G).

[...] ele dá a demanda. Hoje a Smart, a HT, outras, as que lidam principalmente com *commodities*, memórias, dependem muito do PPB, da Lei de Informática. Ou seja, não adianta você estimular a oferta de semicondutores aqui se você não tiver demanda. [...] as coisas andam juntas (Entrevistado F).

[A empresa] vende módulos de memória para praticamente todas as empresas que precisam de conteúdo local. [...] Por que o negócio se viabiliza? Porque as portarias [...] vão dando a orientação para a indústria. *Essa é uma política bastante exitosa do Governo*

¹⁴⁴ O Relatório de Gestão do Exercício 2008 MCTI/Sepin, por exemplo, citou os PPBs como um possível instrumento para incentivar o desenvolvimento de CIs no Brasil. Em 2008, foi aprovado o PPB para cartuchos de tinta de impressora, que previa o uso de chips RFID produzidos localmente (BRASIL, 2009). Em 2009, foram aprovados ou revisados PPBs envolvendo o uso de memórias flash, memórias DRAM, smartcards e chips RFID nacionais (BRASIL, 2010).

Federal de conteúdo local, que nessa área vem atendendo às questões. Ele estabelece o que eu devo fazer no Brasil e quanto os fabricantes devem comprar, em um binômio entre capacidade produtiva da indústria local sem que haja uma oneração do fabricante final. Toda a cadeia tem obrigações de P&D (Entrevistado H, grifos nossos).

A importância dos PPBs para a indústria de semicondutores no Brasil só pode ser inteiramente apreciada caso se leve em consideração que a maioria dos compradores de componentes “commoditizados” são empresas estrangeiras com atuação global. Essas empresas desenvolvem cadeias de suprimento a nível mundial, ou seja, um ou poucos fornecedores suprem todas as fábricas, independentemente da localização. Isso representa uma importante barreira à entrada. Um dos entrevistados relata que a Lei de Informática e os PPBs permitem que essa barreira seja transposta no Brasil:

[A Lei de Informática] é a condição absoluta para que [a empresa] tivesse vindo para cá. Independente do próprio Padis, que dá uma condição de competitividade melhor. O que o Padis traz para a empresa? Ele traz para a empresa uma condição de ofertar um produto com o custo final muito parecido com o que custaria um produto importado. Mas tu desenvolver a cadeia e fazer grandes *players* acostumados a trabalhar com aquele profissional que é o *global supplier* mundial – todo mundo naquele lugar compra em um único lugar e distribui para todas as fábricas do mundo... No Brasil, ele é obrigado a ter um fornecedor específico. A gente não entraria em clientes *tier 1* [...]. E a operação Brasil, de fato, através da *Lei de Informática*, teve dois pontos importantes. Um, desenvolver a cadeia de manufatura. E o outro, desenvolver

centros de P&D. Hoje, há centros muito importantes, de grandes empresas [...]. São todos frutos das legislações, das contrapartidas exigidas em pesquisa e desenvolvimento (Entrevistado H, grifos nossos).

Ademais, as empresas consumidoras de componentes, além de desenvolverem cadeias globais de suprimento, realizam um processo de qualificação dos fornecedores. Isso faz com que o desenvolvimento de um novo fornecedor represente um custo para a empresa. Novamente, o Entrevistado H argumenta que os PPBs obrigaram as empresas beneficiárias da Lei de Informática e da Zona Franca de Manaus a incorrerem nesse custo e qualificarem fornecedores locais:

Outra coisa importante é que a nossa venda depende do que a gente chama de qualificação prévia do cliente. Então, o cliente, não fosse a legislação, não gastaria três, seis, nove meses te qualificando para a venda de um componente, porque já fez isso lá na China [...]. E aí é custo para ele no início dos tempos, fazer isso. Mas ele acaba fazendo. [...] Então, essa planta fornece componentes com qualidade mundial, equivalente ao que é fabricado... Poderia fornecer para qualquer lugar do mundo (Entrevistado H).

A criação de mercado, porém, não agrada a todos. As empresas à jusante na cadeia reclamam que os fornecedores de componentes ganharam poder de mercado com os PPBs e aumentaram os preços. “A partir do momento em que o cara ganhou o mercado cativo, [...] você deu margem. [Mas] não tem como dizer que o cara fez isso, não tem como afirmar isso” (Entrevistado F). A entrada de mais empresas no segmento de *back-end* de memórias¹⁴⁵ favorece a competição.

¹⁴⁵ Até 2014, havia apenas uma empresa operando. Atualmente, há três empresas e alguns outros investimentos em fase de instalação, como será discutido no próximo capítulo.

De acordo com um dos entrevistados, “[...] havia bastante reclamação geral na indústria, que é tipicamente capitalizada na Abinee. Isso está bem mais regulado. *Ninguém reclama mais disso*” (Entrevistado H, grifos nossos).

Há quatro tipos de mercados, retornando ao argumento de Rivera e outros (2015): mercado privado local, mercado privado regulado, compras públicas e exportação. Esses autores relatam que foram instituídos, no Brasil, pelo menos quatro instrumentos de criação de mercado que podem ser utilizados para incentivar a indústria de semicondutores. Esses instrumentos estão resumidos no Quadro 4.

Quadro 4. Instrumentos legais para desenvolvimento de mercado para semicondutores no Brasil

Instrumentos	Descrição	Impacto
Lei de Informática	Estímulos à aquisição de memórias encapsuladas localmente	Criação e fortalecimento de ecossistema de <i>back-end</i> de memórias no país
Portaria MCT 950/2006	Reconhecimento de bem desenvolvido com tecnologia nacional: desoneração tributária, financiamento à comercialização, participação em licitações públicas e leilões da Anatel em condições diferenciadas	Estímulo ao projeto/ engenharia de bens eletrônicos, elo fundamental para demanda de CIs
Poder de Compra Público (Lei 8.666/1993 e Decreto 7.174/2010)	Margem adicional para bens de tecnologias da informação e comunicação com desenvolvimento local (Portaria 950/2006)	Bens eletrônicos contemplados com a Portaria 950/2006 com gozo de margem adicional em compras públicas
Portaria MCTI 1.309/2013	Obtenção da Portaria 950/2006 automaticamente pelo bem que incorpora <i>chip</i> reconhecido por essa portaria	Fortalecimento da relação entre a empresa de equipamentos eletrônicos e projetistas de circuitos integrados locais

Fonte: Rivera e outros (2015).

No que tange à demanda privada, a Lei de Informática foi exitosa para construir uma indústria montadora, conforme foi discutido.

No entanto, Rivera e outros (2015) argumentam que é preciso incentivar a realização de projeto dos produtos localmente, seja por empresas brasileiras ou por empresas multinacionais. Nesse sentido, as portarias 950/2006 (BRASIL, 2006) e 1.309/2013 (BRASIL, 2013c) foram um avanço importante, para diferenciar os produtos projetados no país. Na visão dos autores, elas são condição necessária para a prosperidade do ecossistema local. Além disso, nos setores que não estão sob o arcabouço da Lei de Informática, também há espaço para o estímulo do uso de componentes desenvolvidos localmente por meio de

[...] negociações de contrapartidas de regimes automotivos, normatização (alimentos, passaporte, remédios, rastreamento veicular, identificação de rebanhos) ou regulamentação em editais de agências – como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) nos casos de *chips* relacionados à geração de energia, iluminação pública e telecom (RIVERA *et al.*, 2015, p. 388).

Em relação ao poder de compra público, Rivera e outros (2015) defendem que, a exemplo do que fizeram os EUA,

o governo pode ser um agente importante de criação de mercado. [...] No Brasil, além do potencial de explorar as aplicações de defesa, há oportunidades para abordar temas de interesse nacional usando sistemas de base eletrônica, principalmente regulamentando soluções baseadas em *chips* de identificação (ex.: identidade eletrônica e do passaporte) (RIVERA *et al.*, 2015, p. 388).

Na avaliação de Lima (2012), esses mecanismos ainda não estão sendo utilizados adequadamente:

Apesar de existir instrumento legal em TICs para tal (Decreto 7.174/10) que confere preferência para bens brasileiros, *a aplicação do poder de compra vem sendo tímida por parte do governo*. Por outro lado, o instrumento mais afirmativo, a lei 12.349/10¹⁴⁶ ainda será regulamentada, tornando importante fazê-lo com margem de preço adequada para estimular a produção e desenvolvimento das TICs no país (LIMA, 2012, p. 88, grifos nossos).

Por fim,

[...] a exportação de semicondutores pode se dar de três formas distintas: (i) prestação de serviço de *design* e venda de blocos de PI [propriedade intelectual]; (ii) venda de CIs (montados ou não) para fabricantes de equipamento no exterior; e (iii) venda de bens finais com microeletrônica nacional embarcada (computadores, *smartphones*, automóveis etc.). A inserção no mercado global, especialmente para as oportunidades (i) e (ii), não é trivial e depende da construção de uma marca confiável e capacidade comprovada de entrega. Isso pode ser criado em parte pela atração de centros cativos e de empresas que usariam o Brasil como plataforma de desenvolvimento e fabricação e, em parte, pelo crescente estabelecimento de parcerias internacionais com *players* já posicionados no mercado mundial. De fato, o país tem potencial para atração mesmo de grandes empresas globais (Intel, Qualcomm, entre outras) para desenvolvimento de componentes e equipamentos adaptados ao mer-

¹⁴⁶ Essa lei altera as leis 8.666/1993 (*Lei das Licitações*), 8.958/1994 (*dispõe sobre as relações entre as instituições federais de ensino superior e de pesquisa científica e tecnológica e as fundações de apoio*), e 10.973/2004 (*dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo*).

cado interno (e ser plataforma para exportação). Por fim, com o ingresso do grupo argentino Corporación América no controle da Unitec, são abertas oportunidades mais evidentes para exportação, sobretudo no mercado latino-americano (RIVERA *et al.*, 2015, p. 388-389).

Outros incentivos que completam a política de incentivo à indústria de semicondutores são os recursos financeiros oferecidos pela Finep e pelo BNDES. A Finep, além dos seus demais instrumentos de fomento, lançou uma linha de crédito específica para o desenvolvimento de CIs. Houve duas chamadas públicas nessa linha: (i) Chamada Pública MCT/Finep/FNDCT – Microeletrônica – 01/2005; e (ii) Chamada Pública MCT/Finep/Ação Transversal – Cooperação ICTs/Empresas – Microeletrônica – 01/2007. A primeira chamada ofereceu R\$ 8 milhões em recursos não reembolsáveis originários do FNDCT e aprovou 14 projetos. Entre as instituições beneficiadas, estavam Ceitec, C.E.S.A.R, CPqD, CTI, LSI-TEC, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Unicamp, e USP. A segunda chamada ofereceu R\$ 10 milhões em recursos não reembolsáveis originários do FNDCT e aprovou dez projetos. Entre as instituições beneficiadas, estavam Ceitec, CTI, LSI-TEC, UFRGS e Unicamp (FINEP, 2005; 2007).

O Apêndice C lista todos os projetos relacionados a semicondutores apoiados pela Finep, tanto os selecionados nas chamadas públicas descritas quanto os selecionados via outras formas de demanda. É possível perceber que, ainda que a maioria das empresas da indústria de semicondutores não participe de nenhum projeto apoiado pela Finep, um bom número de empresas participa. Além disso, praticamente todos os projetos são na modalidade não reembolsável.

Esses projetos somaram R\$ 137,9 milhões em recursos transferidos para o setor. Os dois projetos reembolsáveis, por sua vez, somaram R\$ 164,6 milhões em recursos liberados. Por fim, nota-se que diversos projetos envolvem mais de uma instituição, o que demonstra a existência de redes de cooperação.

De acordo com um dos entrevistados, os recursos oferecidos pela Finep – em suas várias modalidades de apoio – são fundamentais para as empresas da indústria de semicondutores. Esse mesmo entrevistado descreveu o relacionamento da empresa com a instituição de fomento:

[...] a gente aprendeu a trabalhar com eles. Não porque nós somos amigos – nós somos também, porque, após muitos anos, nós somos amigos –, mas porque a gente entende e respeita a metodologia tanto de submissão de projetos quanto de acompanhamento de projetos e principalmente porque a nossa porta está sempre aberta para fiscalizações. E a gente dá o valor que essa instituição tem (Entrevistado H, grifos nossos).

Em relação ao suporte do BNDES à indústria de semicondutores, cabe citar o Fundo Tecnológico (Funtec), que apoia financeiramente projetos que objetivam estimular o desenvolvimento tecnológico e a inovação e que são de interesse estratégico para o país, em conformidade com os programas e políticas públicas do Governo Federal. De acordo com um dos entrevistados, o Funtec é significativo porque o BNDES utiliza esse instrumento, que é seu instrumento mais nobre, para explicitar quais setores considera prioritários.

As operações no âmbito do Funtec são realizadas na modalidade não reembolsável e limitadas a 90% do valor total dos itens finan-

ciáveis do projeto. No entanto, instituições privadas com fins lucrativos não podem solicitar recursos do fundo. Seus recursos são destinados a instituições tecnológicas e instituições de apoio sem fins lucrativos. Instituições privadas com fins lucrativos podem participar do projeto como empresa interveniente, cujo papel é levar o resultado do desenvolvimento ao mercado. Atualmente, o Funtec conta com oito focos de apoio, quais sejam:

- veículos automotores de baixo impacto ambiental;
- semicondutores;
- manufatura avançada e sistemas inteligentes;
- minerais estratégicos “portadores de futuro”;
- medicamentos com novos princípios ativos para doenças crônicas;
- tecnologias para setor de petróleo e gás;
- pré-tratamento de biomassa; e
- energia fotovoltaica.

O foco em semicondutores prevê apoiar o:

Desenvolvimento de componentes, materiais e processos de semicondutores que gerem produtos competitivos no mercado local, preferencialmente produzidos no país, ou portadores de futuro baseados em tecnologias emergentes (i.e. eletrônica orgânica/híbrida, microfluídica, grafeno, fônica entre outras); aplicados aos temas (a) equipamentos médicos; (b) cidades inteligentes; (c) energia fotovoltaica – eletrônica orgânica/híbrida e grafeno; (d) veículos automotores de baixo impacto ambiental; e (e) agropecuária.¹⁴⁷

¹⁴⁷ Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/funtec.html. Acesso em: 14 jun. 2016.

O foco em manufatura avançada tem relação com o conceito de Indústria 4.0 e, portanto, é uma aplicação importante e crescente de semicondutores. Nesse foco, será apoiado o:

Desenvolvimento de máquinas e equipamentos que incorporem tecnologias de microeletrônica, sensores, novos materiais, internet das coisas, tecnologias de redes de comunicações e/ou sistemas de controle voltados para aplicação em:

(a) Mobilidade urbana: sistemas de gerenciamento e controle de tráfego, sistema de gestão de redes de semáforos, sistemas de monitoramento urbano, sistemas de gestão de estacionamento, sistemas de controle de acesso ao pedágio, sistemas de controle e automação de transporte ferroviário, sistemas de compartilhamento de transporte (carros e bicicletas);

(b) Agropecuária: agricultura de precisão, pecuária de precisão, sistemas e processos para eficiência no uso dos insumos, energia e água na agropecuária, integração das atividades agrícola e pecuária; e

(c) Indústria: automação, robótica e manufatura aditiva.¹⁴⁸

Por fim, no foco em energia fotovoltaica, o apoio será ao desenvolvimento de tecnologias aplicadas à terceira geração de painéis fotovoltaicos, à purificação de silício em grau solar e a baterias e células-combustível.

De acordo com Lima (2012, p. 85), o Funtec foi, de fato, utilizado para incentivar a indústria de semicondutores: “para incentivar os

¹⁴⁸ Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/funtec.html. Acesso em: 14 jun. 2016.

projetos de desenvolvimento tecnológico de microeletrônica e *displays*, o BNDES utilizou a sua linha mais nobre e não reembolsável, o Funtec, com cerca de R\$ 80 milhões contratados entre 2007 e 2011”. Segundo Gutierrez e Mendes (2009, p. 206), um dos primeiros projetos do Ceitec, o Chip do Boi, recebeu R\$ 18,1 milhões do Funtec.

Para concluir, cabe mencionar também os Programas e Projetos Prioritários em Tecnologia da Informação (PPI). Os PPIs foram criados em 1994 e consistem em recursos originários da Lei de Informática, fornecidos pelas empresas beneficiadas como contrapartida em P&D aos incentivos recebidos. A partir de dezembro de 2002, o PNM-*Design* passou a ser considerado programa prioritário. Hoje, além do PNM-*Design*, são prioritários: (i) o Programa HardwareBR – Projeto, Manufatura e Qualificação da Eletrônica de Produtos com Tecnologia da Informação e Comunicação; (ii) o Programa para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (Softex); (iii) o Programa Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP); e (iv) o Programa Temático Multi-institucional em Ciência da Computação (ProTeM CC). O Programa Rede de Desenvolvimento de Competências em Tecnologias da Informação e Comunicação (RDC-TIC) fez parte dos PPIs entre setembro de 2002 e março de 2005.

No entanto, a indústria de semicondutores não tem recebido recursos dos PPIs nos últimos anos. O PNM-*Design* recebeu R\$ 8.473.514,96 em 2007 e R\$ 2.337.108,00 em 2008 dos PPIs (BRASIL, 2008c; 2009). Em 2009, o PNM-*Design* recebeu uma quantia não informada de recursos, que foi utilizada para adquirir licenças de *softwares* EDA (BRASIL, 2010). Não há informações sobre a utilização de recursos dos PPIs em 2010; e, entre 2011 e 2014, não houve aprovação de projetos ou liberação de recursos na área de microeletrônica nos PPIs (BRASIL, 2011c; 2012b; 2013d; 2014b; 2015c; 2016).

4.5 Análise e discussão de resultados

Um aspecto a ser considerado ao avaliar e discutir as políticas de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil é a baixa quantidade de relatórios disponíveis. Uma fonte importante de informações são os Relatórios de Gestão do Exercício da Sepin, mas eles estão disponíveis apenas a partir de 2007, e não há padronização nas informações prestadas, impossibilitando uma comparação dos resultados ao longo dos anos. Não há documentos relatando os resultados do PNM e do CI-Brasil, ou, se existem, esses documentos não estão à disposição para o público nos *websites* institucionais. O Padis é a única política cujos resultados são publicados periodicamente, mas só de três em três anos.¹⁴⁹ Isso dificulta investigar o que foi efetivamente implementado e quais resultados foram alcançados. Prejudica, dessa forma, a análise proposta nesta dissertação.

Uma forma alternativa de avaliar as políticas é com base nos depoimentos dos entrevistados. Um primeiro aspecto levantado pelos entrevistados é o fato de que o Brasil, ao apoiar a indústria de semicondutores, segue o exemplo dos países onde essa indústria está presente:

[...] eu não vejo essa indústria florescendo com muita velocidade sem uma política pública consistente. Por que isso? Porque não é uma peculiaridade no Brasil. No mundo inteiro foi assim. Todos os lugares que desenvolveram essa indústria, é porque, de alguma forma, o governo botou durante anos uma política pública em favor da indústria (Entrevistado C, grifos nossos).

¹⁴⁹ O relatório referente ao triênio 2013-2015 deverá ser publicado em julho de 2016.

Outro entrevistado ressalta que as políticas são uma forma de conferir condições de competitividade às empresas brasileiras. Nas palavras dele,

a indústria local entra, no início, com uma barreira comercial bastante elevada. O importante, *para tornar essa indústria competitiva*, é que ela tenha, de alguma forma, como se beneficiar de programas, de políticas industriais e de programas de incentivo à produção nacional, à criação de conteúdo nacional (Entrevistado B, grifos nossos).

É essencial, entretanto, que essa política seja continuada e melhorada:

[É preciso] dar continuidade. *Ter revisão contínua da política, revisão contínua dos instrumentos, e dar continuidade.* Porque a *pior coisa que tem é você ter incertezas* geradas por algum momento em que alguém decide que aquele negócio tem que ser abandonado. Isso *desacredita tudo o que foi feito* antes e não coloca nada no lugar (Entrevistado A, grifos nossos).

[...] O Brasil conseguiu construir uma política pública favorável, com várias pernas. Ele tem os instrumentos. Agora, *o que a gente precisa*, para aumentar a velocidade de desenvolvimento da indústria, *é usar melhor os instrumentos*. Conseguir ter um alinhamento melhor do uso do PPB com o Padis. O Padis está lá, ele dá um incentivo e etc., mas é preciso ter o PPB para gerar demanda. [...] O uso do poder de compra, eu acho que ele vai ser necessário no momento inicial de inserção da indústria. O apoio do MCTI, os programas de treinamento, isso tem que continuar. Se a gente consegue manter essas pernas de apoio por mais algum tempo, chega o momento em que a indús-

tria começa a florescer e, conforme ela floresce, cada vez mais ela vai ganhando sua independência. [...] eu acho que *a gente precisa ter uma visão paciente*. [...] Se a gente consegue ter uma visão de longo prazo, de pelo menos mais uma década de trabalho e de apoio, a gente consegue construir uma indústria que depois, em algum momento, fica autossuficiente e segue sozinha (Entrevistado C, grifos nossos).

Alguns entrevistados ressaltaram também que uma frente de avanço importante é criar governança. O Entrevistado C (grifos nossos) afirmou que “a grande questão para mim nesse momento, mesmo que o Padis não seja atualizado e continue com os anexos que tem, seria *como a gente cria a governança que de fato une esforços*. Ou seja, *é a remontagem de uma política industrial*”. Outro entrevistado relatou que:

Teve momentos em que os instrumentos estavam aí, mas não estavam implementados e/ou articulados entre si e em uma direção determinada. [...] Tinha a ideia de política de compras, tinha a ideia de encomenda tecnológica, tinha... O arcabouço regulatório estava praticamente concluído para você pegar uma sacola, articular os instrumentos, dar uma expectativa de longo prazo e ir em frente (Entrevistado K).

A articulação não aconteceu, de acordo com esse entrevistado, por falta de governança e de visão estratégica. A ênfase na governança é semelhante a uma das recomendações de Rivera e outros (2015, p. 391, grifos nossos):

O Brasil formou um grupo técnico com várias instituições governamentais – destacadamente MCTI, Mdic, ABDI, BNDES, Finep e Agência Brasileira de Promoção de Exportações do Brasil (Apex) – atuantes na defesa da indústria e na implementação das di-

versas medidas necessárias. Todavia, *esse grupo não tem efetiva institucionalização e representatividade*, tanto para atração de investimentos em missões internacionais quanto para empoderamento para executar as medidas necessárias. [...] *É fundamental que haja uma clara identificação dos líderes e participantes dentro do governo* para promover o desenvolvimento da indústria coordenando todos os eixos de medidas. Os principais objetivos seriam: (i) evitar dispersão de esforços e garantir o alinhamento em torno de projetos-chave; e (ii) ter um canal único para interlocução com as empresas.

Vale lembrar que esse grupo técnico começou a ser constituído na época do PNM e do estudo do BNDES. De acordo com um dos entrevistados, o grupo se consolidou durante a Pitce e a PDP e contava com a participação de atores-chave:

O grupo de microeletrônica [...] é um grupo que existe há muito tempo, embora informal. [...] [é um] grupo que pensa a política de microeletrônica, que acompanha a indústria. E são atores-chave [que participam]. Eu diria que as instituições são mais importantes que as pessoas. O único caso em que a instituição se confunde com a pessoa é o caso do Henrique Miguel. [...] Então esse grupo de microeletrônica começou a ser formado ainda na época da Pitce. [...] O grupo era basicamente MCTI, Mdic, BNDES e ABDI. [...] Esse grupo se consolida na PDP como um grupo ouvido como quase institucional, se consolida como interlocutor para dentro do governo e para fora do governo. Até hoje esse grupo é ouvido como interlocutor, embora não formalmente, mas em discussões-chave, como negociações internacionais, aperfeiçoamento de políticas, iniciativas ligadas à Abisemi, enfim (Entrevistado K).

Esse mesmo entrevistado relatou como o grupo construiu uma visão comum com base em um processo de aprendizagem e interação:

Essa massa crítica que vem acompanhando esse setor forma uma visão comum. *Não é que todo mundo pensa igual. As pessoas vão formando uma visão com contribuições de pessoas de vários locais, que agregam alguma coisa. [...] Inclusive com o setor privado, porque a gente está o tempo todo discutindo a coisa técnica com o setor privado. [...] A gente conhece bem as empresas por dentro. Tem uma conversa de alto nível também com outros agentes [...]. A gente conversa, vai aprendendo e vai se formando essa massa crítica.* É um processo, que, por um lado, é muito interessante – e eu acho que é assim que tinha que ser, no sentido de continuidade, de geração de massa crítica, de agregação, de articulação interinstitucional. Esse é o lado positivo desse grupo. *O lado negativo é que é um grupo com pouca capacidade decisória*, portanto, ele reflete a falta de prioridade ou a priorização, dependendo do momento, insuficiente do alto comando (Entrevistado K, grifos nossos).

A informalidade do grupo e a falta de capacidade decisória são criticadas por outro entrevistado, que afirma: “Isso [o fato de o grupo ser informal], a meu ver, é um erro. É quase um grupo herói. É voluntarismo” (Entrevistado L). Mais adiante, ele acrescenta que “existe realmente envolvimento muito em nível técnico. Mas o Brasil, de forma geral, carece de ter uma articulação e um efetivo programa nos níveis mais altos do governo. [...] Não existe uma estrutura de governança empoderada, em alto nível do governo” (Entrevistado L).

Outros entrevistados enfatizam a necessidade de haver apoio político e institucional claro:

[...] é muito difícil [fazer renascer a indústria de semicondutores no Brasil]. É uma atividade complexa. Muito complicada. O desafio é grande. E *precisaríamos ter alguém no Planalto que estivesse pensando nisso*. Que também é outra coisa que não tem muito não. *Tudo é a gente que convence, a gente que tenta, a gente que insiste* (Entrevistado D, grifos nossos).

[...] tem que ter suporte, e o suporte governamental, do Mdic, da Fazenda, do MCT, dos órgãos que são ligados a esses ministérios... *A decisão é superior mesmo, é política de Estado*. Tem que ser encarado como política de Estado, não política do governo A, do governo B, do governo C. Tem que ser uma questão de país. *Se o país quer avançar nessa indústria, precisa dar a devida atenção a ela* (Entrevistado F, grifos nossos).

Novamente, o diagnóstico é semelhante ao de Rivera e outros (2015, p. 393), que afirmam que “[...] sem uma gestão focada com força dentro do governo e uma agenda de longo prazo estável, provavelmente as medidas necessárias não serão tratadas com a devida agilidade e profundidade”.

Em relação aos resultados alcançados pelas políticas governamentais, vários entrevistados consideram as políticas exitosas. Seguem alguns depoimentos:

Eu acho que [...] o Brasil conseguiu, com a política do Padis... Acho que, no ano passado, com a renovação da legislação, acabaram saindo diversas habilitações, e ela [a indústria de semicondutores] de fato está em implantação. [...] De uma certa forma, eu acho que o governo tem conseguido. E as *design houses*... é claro que algumas fecharam, porque isso

é natural. Mas tem empresas como a Chipus e outras que têm realmente sido um grande diferencial nessa área (Entrevistado H).

O fato de o governo investir em formação de pessoas, no CI-Brasil, de pagar licenças, tudo está facilitando bastante a nossa vida. Tem gente para contratar, tem gente com *expertise* em microeletrônica. Não são superexperientes, mas já estão muito longe do zero. *E eu estou bem satisfeito com essas ações. Poderiam ser maiores? Que sejam com a indústria incentivando. Por que só o governo tem que incentivar? [...]* O governo ajudando habilita que esse ecossistema se forme (Entrevistado I, grifos nossos).

Outro trecho interessante dos depoimentos diz respeito ao relacionamento entre o setor privado e o governo. Um dos entrevistados, por exemplo, reconheceu que o governo enfrenta desafios conjunturais que dificultam a implementação de agendas estratégicas:

Teve o ciclo da Pitce, teve o ciclo da PDP, teve o ciclo do Plano Brasil Maior. A gente ainda está à luz do Plano Brasil Maior, mas aguardando aí o que será. Eu acho que o cenário está muito desfavorável para o governo lançar um pacote de suporte à indústria na magnitude que foi o Brasil Maior. Acho que os holofotes do governo estão para outro lado nesse momento (Entrevistado H).

Esse entrevistado salientou ainda a relação de parceria que existe entre os funcionários das empresas e os servidores públicos do governo:

[...] os ministérios vêm acompanhando esse setor com bastante carinho. Há um olhar especial de todos os órgãos aqui [...]. E há uma sinergia, *a gente pensa*

muito parecido. E eles estão sempre disponíveis. Tenho o celular de todos eles, [...] eles não têm receio de estar presentes dentro da empresa. Não é aquele funcionário público que fecha a porta e só se tu marcar com a minha secretária, e tem só meia hora. Não. Nós estamos juntos todo o tempo (Entrevistado H, grifos nossos).

Outro entrevistado também teceu comentários sobre relacionamento entre o setor privado e o governo e o papel de cada ator no processo:

[...] eu não acho o pessoal despreparado, de forma nenhuma. Eu só acho o seguinte: o empresariado ainda não foi lá pedir para fazer isso. [...] Se eu for hoje lá e disser que eu quero exportar um navio de soja, está tudo pronto. Se eu for abrir um laticínio, um frigorífico, se eu for exportar frango, está tudo pronto. Por quê? Porque já foi um monte de gente lá. Os processos já estão prontos para aquilo. Agora, no que a gente está fazendo, não está pronto. [...] não estando pronto, você tem dois caminhos. Um é ficar reclamando e outro é ajudar a construir. É isso que a gente tenta buscar. [...] na área tecnológica, o Brasil é um país subdesenvolvido. Em gerar tecnologia internamente. A gente acredita que é capaz de fazer isso aqui [no Brasil]. Agora, para fazer isso aqui, tem que ter gente boa na base da pirâmide para a gente contratar, tem que ter bons executivos, capazes de levar esse produto para o mundo, e tem que ter um governo que entenda os problemas que essas pessoas têm. Eu vejo muita boa vontade no pessoal do governo, só que vários problemas eles estão ouvindo da gente pela primeira vez. Como a dinâmica não é muito rápida, isso é que causa uma frustração no empresário (Entrevistado I).

Outro entrevistado, voltando ao ponto dos desafios conjunturais, afirmou que algumas questões e definições não podem ser deixadas para outro momento:

O Padis precisa, de certa forma, acomodar novos componentes e dispositivos. Mas não é possível no momento porque você estaria ampliando a desoneração. Apesar de que a gente discute muito isso aí, mas não adianta. O risco é realmente sério nesse desarranjo econômico atual. Então, novamente, a equipe econômica prefere não tomar essas medidas que adicionariam, na visão dela, mais incentivos ao Padis [...]. [...] não tem um cenário de vantagens ou arrecadação futura em troca, porque é investimento que as empresas podem fazer ou não. Como o país [...] foi rebaixado pela terceira grande agência [de *rating*], nós não estamos conseguindo atrair investimentos. Então, o cenário que eles veem eu compreendo. Agora, se a gente fizesse essas mudanças no Padis hoje, isso vai surtir efeito daqui dois, três anos. Então, a gente espera que, daqui a dois, três anos, o momento do Brasil seja outro. *Se eu espero o momento do Brasil para fazer isso daqui a dois, três anos, novamente você retarda medidas que já deveriam estar prontas quando o país estiver mudando de cenário.* Por que eu estou te dizendo isso? Bem ou mal, com cenário ruim, desfavorável, há perspectiva de investimentos significativos na área de energia fotovoltaica. [...] a indústria da energia fotovoltaica, baseada em painéis com silício, está querendo se implantar no Brasil. Então a gente precisaria fazer pequenos ajustes no Padis para possibilitar esses investimentos. [...] mas agora a gente não encontra espaço para fazer isso. Então a indústria fica naquela indefinição. Mas tanto a indústria de painéis fotovoltaicos quanto a indústria de LEDs

para iluminação e quanto essa indústria de componentes e dispositivos para Internet das Coisas para a área médico-hospitalar têm oportunidades. Eu digo o seguinte: *a perspectiva para o cenário tecnológico-industrial é boa. Agora, a gente precisa fazer esses ajustes no Padis* para ter uma atualização dos dispositivos e componentes que a gente pode incluir nele, que ele pode apoiar (Entrevistado E, grifos nossos).

A visão de que momentos de crise devem ser utilizados para investir e se preparar para a fase de recuperação é compartilhada por outro entrevistado: “tem uma crise e muita gente tira o pé. E a gente está apertando o pé. Uma hora essa crise vai passar. Quando ela passar, um monte de gente vai querer voltar. E a gente não parou” (Entrevistado I). Além disso, outro entrevistado ainda concorda que há boas perspectivas para empresas da indústria de semicondutores, justamente em função da característica dos produtos que essa indústria oferta:

E a crise, quando ela vem com essa magnitude, com essa relevância, ela faz com que todos procurem soluções diferentes para enfrentar a crise, seja em termos de aumento de produtividade, seja em termos de racionalização das atividades... E a tecnologia que nós desenvolvemos e as soluções que nós oferecemos, elas passam a ser até mais importantes. [...] Então eu acho que a crise, ela favorece, de uma certa forma, empresas que estão oferecendo soluções tecnológicas que impactam na produtividade, seja do setor público, seja do setor privado. [...] A gente tem que saber um pouco também usar a conjuntura desfavorável, macroeconomicamente falando, para encontrar nichos e oportunidades dentro da própria crise. Eu acho que toda crise faz você se mexer mais, se movimentar mais e buscar alternativas. E como nós somos pro-

vedores de alternativas, eu acho que a gente passa a poder compensar um pouco ou até aproveitar esse cenário de *stress* (Entrevistado J).

Em relação à avaliação das políticas com base nos documentos apresentados na Seção 4.4, uma primeira questão importante a ser levantada a respeito das políticas de incentivo se refere à definição da estratégia. O PNM-*Design* escolheu incentivar a atração e a criação de DHs e apostou, portanto, na etapa de projeto como forma de entrada do Brasil na indústria de semicondutores. Segundo o próprio documento, essa escolha foi tomada por meio

[...] do racional da capacitação existente, da enorme demanda de pessoal capacitado em projeto em todos os países desenvolvidos, da oportunidade de atração externa que o crescimento acelerado do setor das tecnologias da informação vem trazendo, e da constatação que a agregação de riqueza local oriunda do segmento de maior valor agregado na cadeia de produção de CIs (*chips*) – o projeto – é muito mais abrangente, com maior oferta de trabalho de alto nível e de melhor relação custo/benefício (BRASIL, 2001, p. 1).

O PNM, em 2002, reconheceu que era preciso atrair todo o ciclo de fabricação de CIs, mas deu maior ênfase à etapa de *design*, pois as metas desse subprograma poderiam ser atingidas no curto prazo, enquanto os demais subprogramas tinham metas de médio e longo prazos e dependiam de fatores externos, como a recuperação da crise de 2001.

Segundo ABDI (2014, p. 61), “o elo de projeto de circuitos integrados tem argumentos fortes a seu favor, baseados na menor intensidade de capital e em menores barreiras à entrada, comparativamente aos demais elos da cadeia de valor da indústria”. Além disso, o governo entendia que o movimento de desverticalização da indústria global de se-

micondutores, com o crescimento das empresas *fabless* e das *dedicated foundries*, representava uma oportunidade de inserção para o país.

No entanto, o estudo do BNDES alertou que este talvez não fosse o caminho correto, pois a experiência de outros países mostrava que “o desenvolvimento da indústria de CI se inicia com as etapas de manufatura para depois atrair a etapa de projeto, e não o contrário” (BNDES, 2003, p. 20). Ademais, ao mapear a competitividade brasileira, o estudo identificou que

o elo de fabricação (*front-end*) contém os fatores de estímulo e desestímulo dos elos de projeto e de encapsulamento e teste (*back-end*), ou seja, ao se criar as condições para atrair a produção (*front-end*) criam-se automaticamente as condições necessárias para atrair os demais elos (BNDES, 2003, p. 24).

Ressalta-se também que, segundo BNDES (2003), a etapa de maior valor agregado na cadeia produtiva de componentes semicondutores é a etapa de *front-end*, e não a de *design*.

É difícil afirmar qual foi a estratégia vencedora – se entrar no setor por meio da etapa de projeto ou por meio da etapa fabril – ou se houve uma estratégia vencedora. O que é claro é que importantes políticas concretas foram formuladas e postas em prática – Programa CI-Brasil e Padis – e que um investimento em uma fábrica de médio porte, que não trabalha no estado da arte e atua em nichos de mercado, está em implementação no Brasil.

Um segundo problema a ser apontado é o fato de que o PNM-*Design* parece ter sido excessivamente otimista em suas previsões. Isso se faz evidente quando o documento afirma que

o programa como um todo tem cronograma básico de *três a quatro anos, quando se espera que empresas*

de grande porte estejam convivendo em sinergia com as de pequeno e médio porte geradas pelo programa e a maioria das atividades esteja já incorporada ao dia a dia do setor (BRASIL, 2001, p. 9, grifos nossos).

Esse otimismo pode ser visto também nas metas físicas, uma vez que o programa previa a instalação de quarenta DHs no país em três anos, das quais dez empresas estrangeiras e trinta nacionais. É claramente questionável se haveria mercado para tantas empresas em um país com tão pouca atuação no setor. Esse questionamento parece ter ocorrido também dentro do próprio governo, já que as metas estipuladas nos programas seguintes são bastante menores. O PNM, por exemplo, reduz a meta de formação de projetistas de trezentos para 140 profissionais treinados em três anos. O CI-Brasil também reduziu a meta de atração de DHs estrangeiras para quatro e de criação de DHs nacionais para 11. Além disso, os cursos de formação foram iniciados não imediatamente, mas três anos depois do início do programa, quando novos projetistas eram, de fato, necessários.

No entanto, salienta-se que o PNM-*Design* acertou quando destacou a necessidade de criar condições de acesso ao mercado para as empresas nacionais, incluindo acesso ao mercado internacional. Esse ponto poderia, porém, ter sido mais enfatizado e mais bem-estruturado. Estava previsto utilizar as empresas estrangeiras como *brokers* das empresas nacionais. Todavia, como o programa não foi exitoso em atrair empresas internacionais, o mecanismo de acesso ao mercado ficou prejudicado. O PNM, por sua vez, listou alguns instrumentos de incentivo à demanda de CIs projetados no país antes de detalhar os seus subprogramas. Essa lista, porém, é insatisfatória, na medida em que apenas dois dos cinco instrumentos – fornecer créditos de IPI aos compradores

de componentes semicondutores e mobilizar o poder regulatório e o poder de compra do Governo Federal para viabilizar encomendas tecnológicas – são realmente instrumentos de incentivo à demanda.

A análise dos documentos das demais políticas de incentivo mostrou também que a recomendação de facilitar o acesso ao mercado perdeu importância ao longo do tempo. Mesmo que esse ponto esteja presente em todas as políticas e programas – bem como seja identificado na literatura como um dos principais desafios do setor no Brasil – e mesmo que haja instrumentos à disposição do governo, faltam medidas concretas para tratar dessa questão.

Outro ponto positivo do PNM-*Design* é a exigência de contrapartidas para os incentivos concedidos às empresas internacionais: (i) operar no país por um número de anos pelo menos igual ao dobro do número de anos em que a empresa recebeu benefícios; (ii) trazer para o país pelo menos um líder de projetos de CIs de suas unidades no exterior para cada cinco projetistas contratados no Brasil, ou participar com projetistas internacionais da equipe de treinamento de especialistas; e (iii) atender aos direitos de propriedade intelectual na negociação de projetos no Brasil.

Nenhum dos programas subsequentes estipulou contrapartidas, com exceção do Padis, que exige gastos mínimos com P&D.

Um terceiro problema reside no fato de que o PNM parece confundir o conceito de DHs independentes com o conceito de empresa *fabless*, conforme evidenciam os seguintes trechos:

Os CIs são *projetados* por empresas verticalizadas (integradas) ou por *empresas independentes e especializadas* nesta etapa do processo produtivo, denominadas *design houses* (BRASIL, 2002b, p. 10, grifos nossos).

Na primeira metade da década de 80 começaram a surgir *empresas independentes de projeto de circuitos integrados*. Estas empresas, também definidas como *fabless* (sem fábrica) tem-se desenvolvido a partir, sobretudo, de projetos de *chips* para o setor de telecomunicações, entretenimento, automotivo e multimídia, a exemplo da Qualcomm, 3Com, Broadcom, Nvidia e Qlogic. Atualmente esse é o segmento da cadeia produtiva de semicondutores que mais cresce e agrega valor (BRASIL, 2002b, p. 11, grifos nossos).

Entretanto, há diferenças cruciais entre os dois tipos de empresas. A principal delas é o fato de as empresas *fabless* imprimirem a sua marca no produto, enquanto as DHs independentes projetam componentes que levaram a marca da empresa que contratou o serviço de *design*. Uma consequência importante disso é que as empresas *fabless* necessitam ter competências mercadológicas adicionais, pois atuam em toda a cadeia de valor, desde a concepção do produto até o serviço ao cliente, ainda que terceirizem a manufatura. Já as DHs atuam somente na etapa de projeto do produto e necessitam de um número menor de competências, pois as demais ficam a cargo da empresa que contratou o serviço de *design*. Ou seja, é possível afirmar que as empresas *fabless* vendem um produto, enquanto as DHs prestam um serviço.

Sobre o modelo *fabless-foundry*, Rivera e outros (2015, p. 354) comentam que “as *foundries* são a etapa de maior valor agregado da cadeia de semicondutores, pois geram mais empregos, apresentam maior volume de faturamento, oferecem maiores margens operacionais e, via de regra, atraem as demais etapas de produção”. Esses autores distinguem as DHs e as empresas *fabless*: enquanto as primeiras prestam o serviço de *design*, as segundas são proprietárias do *chip* e controlam o ciclo de desenvolvimento e comercialização.

É possível que essa confusão entre o conceito de DH independente e de empresa *fabless* tenha ocorrido porque, como foi dito, o PNM, ao detalhar a cadeia produtiva da indústria de semicondutores, excluiu as etapas de concepção do produto e de serviço ao cliente. De fato, se consideradas apenas as etapas de *design, front-end* e *back-end*, os dois modelos de negócios parecem bastante similares.

Os programas de incentivo à atividade de *design* parecem ter subestimado as barreiras à entrada no setor. Como já foi discutido, o sucesso comercial das DHs e das empresas *fabless* depende de um bom relacionamento com clientes e fornecedores e da existência de casos de sucesso. De acordo com Rivera e outros (2015, p. 390, grifos nossos), “a despeito de a natureza dos investimentos em *design* ser de menor monta, as barreiras de entrada no setor não são desprezíveis, dependendo fundamentalmente de uma relação de confiança entre contratante do serviço e a DH”. Um dos entrevistados partilha da opinião de que todas as etapas da cadeia de valor da indústria de semicondutores apresentam barreiras à entrada. Nas palavras dele,

pode ser fabricação, pode ser só projeto, pode ser a propriedade intelectual de circuitos integrados ou o desenvolvimento de *software*. Tu precisa de grandes investimentos para conseguir chegar ao mercado com qualquer produto ou serviço desse segmento (Entrevistado B, grifos nossos).

Outra crítica possível é ao processo de concessão dos incentivos, considerado, com frequência, muito burocrático. Além disso, diversos entrevistados afirmaram que outras instâncias do governo também precisam ser desburocratizadas. Um dos entrevistados, por exemplo, afirmou que restrições sistêmicas e a burocracia para acessar incentivos afetam a competitividade das empresas:

E na estratégia fabril, os incentivos que a gente tem dado via Padis para encapsulamento e para fabricação, eles já são bastante significativos [...]. Já são isenções máximas que uma empresa pode aspirar. Mas onde nós não estamos conseguindo ser competitivos é nas outras *demais restrições sistêmicas que impedem que essas empresas possam explorar de forma eficiente os incentivos que o Estado dá*. Nós não temos alfândega eficiente, nós não temos serviços públicos eficientes. Especialmente a questão alfandegária é crucial. E *para usufruir desses incentivos, as empresas incorrem de um enorme custo burocrático e tudo mais*. Somado a tudo isso, as empresas internacionais não têm investido em capital fixo no Brasil em base fabril porque, basicamente, apesar de do ponto de vista tributário nós estarmos abrindo mão de muita coisa, nós ainda somos ineficientes na gestão desses incentivos e na concessão de agilidade para essas empresas. Elas têm a impressão de que nós colocamos mil requisitos para usufruir dos incentivos. A Receita Federal complica bastante. E mesmo que o Padis tenha sido feito com a melhor das intenções, na hora de implementar se viram enormes dificuldades. Tem que eliminar barreiras daqueles níveis que eu chamo de microburocracia, da infraburocracia, da burocracia de importação e exportação, de licenciamento, de como usufruir os benefícios de forma automática e não depender de processos burocráticos muito complexos (Entrevistado A, grifos nossos).

Outro entrevistado relatou que o tempo gasto com questões burocráticas é excessivamente grande:

O custo Brasil para mim não é imposto só. Custo Brasil para mim é, *do tempo que eu estou no Brasil, que eu acho que é metade do meu ano, metade eu*

estou resolvendo questões burocráticas e não tecnológicas. Ou no Rio [de Janeiro] ou em Brasília. [...] nada é muito rápido, tudo é muito lento, tudo é muito burocrático. Aí é onde, para mim, reside o custo Brasil. Não é só no imposto. Porque dinheiro é importante, é o oxigênio das empresas. Mas você tem como levantar. Tempo você não tem como recuperar. As pessoas ficam mais velhas, a indústria passa, a janela de mercado passa, e não tem como recuperar (Entrevistado I, grifos nossos).

Esse mesmo entrevistado afirmou que, além de tempo, é preciso também criar uma estrutura interna à empresa para lidar com a burocracia do acesso aos incentivos:

Com uma empresa que quando nasce você já tem Padis, tem PPB, tem Lei de Informática, se você não usar tudo, você não é competitivo. Para usar tudo, você tem que criar uma infraestrutura tão grande que você gasta mais para usar do que para desenvolver o seu produto. É uma dualidade muito grande. Porque o governo quer ajudar, ele cria benefícios, ele cria mecanismos para ajudar. Só que a melhor forma para ajudar era facilitar. E não criar cada vez mais controles [...]. Isso acaba tornando o ambiente mais desafiador. [...] Quando eu decidi fazer o que eu estou fazendo hoje, a principal dificuldade que eu ando tendo é saber o que eu posso e o que eu não posso, isso aqui se enquadra ou não se enquadra [...]. [...] essa é a visão real de quem está vivendo, vivenciando esses problemas. E que continua acreditando que aqui é um lugar onde se tem apoio de P&D, se tem um governo que quer desenvolver a área de semicondutores. Se faz do jeito certo ou não... Mas faz do jeito que acha que é certo. [...] quanto mais benefícios tiver... A gente

vai tentar utilizar. Agora, dá tanto trabalho usar esses benefícios, que você tem que pensar. Muito. Porque a maioria desses benefícios o dinheiro não vem para a empresa. O dinheiro vai para o ICT (Entrevistado I).

Especificamente sobre os procedimentos alfandegários, um dos entrevistados disse que:

Esse setor de semicondutores depende disso [de procedimentos alfandegários ágeis]. Que as mercadorias, os insumos cheguem. Não pode ficar parado no porto. Tem que já ir para a fábrica direto. A exportação, quando houver, da mesma forma... A gente tem recebido vários relatos [...] Aí, é até uma lógica que eu acho burra do governo, ou da Fazenda, enfim, da implementação disso, que, à medida que a empresa ganha incentivos maiores, seja Padis ou... Aí a Receita, com uma coisa meio automática do Siscomex, parametriza aquelas operações ou aquele CNPJ em canal vermelho, canal amarelo¹⁵⁰ (Entrevistado F).

De acordo com Rivera e outros (2015, p. 383-384),

[...] um regime aduaneiro ágil e eficiente permanece como um dos mais críticos desafios apontados pelos embriões em levantamento feito pelo BNDES em 2014. [...] É necessário, portanto, que haja trâmites ágeis, contínuos e automáticos para esse setor (canal verde), com o devido monitoramento governamental posterior.

¹⁵⁰ O Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex) trabalha com quatro canais de conferência aduaneira: verde, amarelo, vermelho e cinza. No canal verde, o sistema registra o desembaraço automático da mercadoria. No canal amarelo, realiza-se o exame da documentação e, não sendo constatada irregularidade, o desembaraço é feito sem a verificação física da mercadoria. No canal vermelho, a mercadoria é desembaraçada depois do exame da documentação e da verificação física da mercadoria. No canal cinza, é aplicado um procedimento especial de controle aduaneiro, para verificar indícios de fraude.

Para atender à demanda por agilidade da indústria de semicondutores, uma possibilidade seria facilitar a habilitação das empresas no Programa Brasileiro de Operador Econômico Autorizado, que absorveu, em 2015, a Linha Azul.¹⁵¹ Segundo um dos entrevistados:

Houve até uma flexibilização nesse sentido. Para a Linha Azul em particular, houve uma pequena flexibilização em alguns requisitos da Linha Azul para as empresas de um modo geral. Flexibilização essa voltada para as empresas amparadas pelo Padis. Mas a avaliação que a gente tem das empresas é de que isso não foi suficiente. Porque ela mexeu em dois ou três requisitos, mas ela ainda manteve um ou dois que atrapalhavam o processo da mesma forma. [...] Na minha visão, o facilitar tinha que ser o seguinte: empresa Padis tem Linha Azul. Acabou. Era ajustar a legislação do Padis, às vezes, para deixar claro isso. O que a Receita fez? Empresas Padis têm que cumprir tais requisitos, em menor grau que as outras. E houve pleitos nesse sentido, pleitos que foram feitos no Fórum de Competitividade, foram feitos na discussão do PBM, mas que não avançaram. Olha, empresa Padis tem que ter Linha Azul ou um tratamento ágil. [...] Se não Linha Azul, dá outro nome [...]. Cria um mecanismo específico para garantir agilidade logística e aduaneira para esse conjunto de empresas (Entrevistado F).

¹⁵¹ *A Linha Azul é um regime aduaneiro que, sem comprometer os controles, permite às empresas industriais conduzir suas atividades empresariais de maneira mais eficiente e eficaz. As empresas que atendem aos requisitos necessários e se habilitam voluntariamente a operar na Linha Azul têm as suas operações de importação, exportação e trânsito aduaneiro direcionadas, preferencialmente, para o canal verde de verificação e tratamento de despacho aduaneiro expresso.*

4.6 Considerações finais

Ao longo dos últimos 15 anos, foi construída, no Brasil, uma ampla política de incentivo à indústria de semicondutores. Essa política conta com vários instrumentos, entre os quais o maior incentivo fiscal concedido a um setor industrial no Brasil. Mesmo assim, essa política não é tão agressiva como a política que foi, e é, até hoje praticada em outros países.

Desse conjunto de instrumentos, o Padis parece ser o mais relevante. A aprovação desse incentivo foi um marco determinante na construção da política de incentivo à indústria de semicondutores porque a existência de um incentivo fiscal foi identificada desde o início como fundamental para a atração de investimentos em etapa fabril. Ademais, o Padis é importante não apenas em função dos incentivos objetivos que oferece, mas também como manifestação do comprometimento do governo com a indústria de semicondutores.

Além disso, cabe comparar o Padis com a política de desonerações praticada a partir de 2012. O Padis é um instrumento estratégico de política industrial extremamente focalizado e bem construído. O incentivo se dirige a um setor específico e é fruto de um amplo debate que ocorreu no governo nos anos que antecederam a sua aprovação e que segue ocorrendo até hoje. Além disso, o Padis exige significativos investimentos em P&D por parte das empresas incentivadas como contrapartida aos incentivos oferecidos. As desonerações praticadas recentemente, por outro lado, consistiram em um instrumento de política macroeconômica de cunho anticíclico e constituíram uma ação discricionária por parte do governo. Ademais, as desonerações significaram uma renúncia fiscal expressiva, da ordem de bilhões de reais, enquan-

to a renúncia fiscal decorrente do Padis totalizou R\$ 41,7 milhões em 2011 e R\$ 67,8 milhões em 2012.

No que diz respeito a possíveis aprimoramentos, a política para a indústria de semicondutores ainda pode ser melhorada em diversos pontos, conforme foi discutido neste capítulo. Talvez o avanço mais importante a ser realizado seja a melhor articulação dos instrumentos existentes. Também é desejável que o setor volte a ter o reconhecimento estratégico de que gozou no passado.

Um ponto particular que ainda parece receber pouca atenção nessa política de incentivo à indústria de semicondutores é o apoio à exportação. O mercado brasileiro, por maior que seja, não é suficiente para a indústria de semicondutores, cuja atuação deve ser, necessariamente, global. Além disso, exportar é um sinal de que as empresas instaladas no Brasil são competitivas e sustentáveis economicamente. Isso é especialmente importante considerando que os incentivos não deverão durar para sempre e que as empresas precisarão caminhar com as próprias pernas no futuro.

Mesmo assim, o Padis não prevê qualquer incentivo à exportação. Talvez isso seja explicado por uma característica das próprias políticas industriais. A Pitce foi elaborada em um momento de instabilidade macroeconômica e de expressivo déficit na conta-corrente do balanço de pagamentos. Assim, um dos eixos da política era o comércio exterior, cuja importância era reconhecida até no nome da política industrial. Quando a PDP foi lançada, a situação já havia mudado, e tanto a balança comercial como a conta-corrente estavam superavitárias. Como foi dito no Capítulo 2, a restrição externa não era mais considerada um problema e, conseqüentemente, a ênfase no desempenho exportador diminuiu, tanto na PDP quanto no PBM.

É preciso reconhecer, porém, que essa política gerou importantes resultados. Como será visto em mais detalhe no próximo capítulo, o ecossistema brasileiro conta agora com diversas empresas já operando, e há muitos investimentos em fase de implantação. Vários dos depoimentos apresentados neste capítulo atestam que nada disso existiria sem os incentivos governamentais. Além disso, o expressivo número de empresas recentemente habilitadas no Padis é outra demonstração do sucesso da política em promover a expansão do ecossistema.

Por fim, cabe resgatar algumas ideias introduzidas no Capítulo 2. Especificamente no caso da indústria de semicondutores, o governo brasileiro demonstrou capacidade para construir uma política de incentivo abrangente, coerente e de longo prazo, ainda que muitos aspectos dessa política precisem ser melhorados. Também demonstrou preocupação em incentivar a etapa fabril da cadeia de valor da indústria de semicondutores, pois entendeu que a indústria desempenha um papel-chave no processo de desenvolvimento. No entanto, assim como alertou Cardoso Jr. (2014) ao falar da primazia da gestão cotidiana sobre o planejamento estratégico, a política para semicondutores parece estar sendo ameaçada pela hegemonia do curto prazo, que sacrifica objetivos de longo prazo em nome do superávit primário.

Outro aspecto interessante é o papel da burocracia na construção e execução dessa política de incentivo. Como foi descrito neste capítulo, essa política é fruto, em grande medida, do trabalho de um grupo de servidores do Governo Federal. Esses servidores fazem parte da burocracia intermediária e estável e estão ligados a diversos órgãos, notadamente Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), BNDES, MCTI, e Mdic. Na medida em que esse setor está surgindo e não há uma burguesia consolidada que defenda os seus interesses,

essa burocracia atuou como porta-voz da indústria de semicondutores brasileira ao longo dos anos. Além disso, essa burocracia agiu de forma coesa e organizada e demonstrou enorme capacidade de colaboração. Desde o início dos anos 2000, formou-se um grupo de trabalho informal com representantes dos órgãos interessados, que passou a discutir estratégias, articular a formulação de políticas e formar uma visão comum sobre o setor.

5. A indústria de semicondutores no Brasil

O Brasil implementou, nos últimos 15 anos, uma verdadeira política de desenvolvimento da indústria de semicondutores. Como resultado, floresceu, no país, um importante ecossistema, que será o tema deste capítulo. Tendo partido de sete instituições no início dos anos 2000, o Brasil conta agora com mais de quarenta empreendimentos. A Seção 5.1 lista e analisa esses empreendimentos, mapeando a indústria de semicondutores no Brasil e fornecendo informações tais como localização, natureza jurídica, modelo de negócios e principais produtos. A Seção 5.2 analisa com maior profundidade três dessas empresas, quais sejam: Ceitec S.A., Unitec Semicondutores e BrPhotonics. Essas empresas foram escolhidas porque elas pretendem realizar a etapa de fabricação de CIs e de componentes fotônicos, e isso implica importantes desafios. Outro elemento comum a essas empresas, como será visto, é a participação direta do Estado. Por fim, a Seção 5.3 abrange algumas considerações finais. É pertinente ressaltar que parte expressiva deste capítulo se baseia em informações obtidas por meio da pesquisa de campo realizada neste trabalho, que incluiu entrevistas e questionários e foi complementada com contatos telefônicos.

5.1 Mapeamento do setor hoje

O ecossistema da indústria de semicondutores no Brasil evoluiu bastante desde o início dos anos 2000. Naquela época havia, conforme já foi dito, cinco empresas e dois institutos atuando no Brasil: Aegis, CTI, Eldorado, Idea!, Itaucom, Motorola e Semikron; e Aegis e Itaucom encerraram as suas atividades nos anos seguintes.

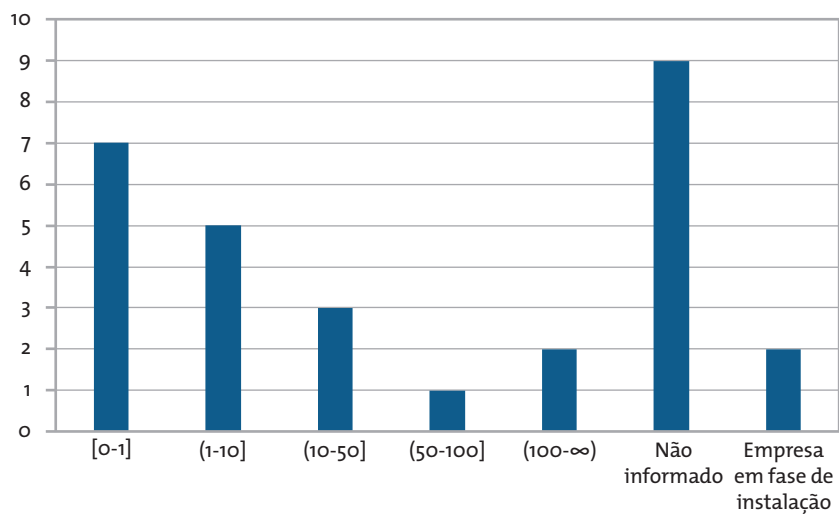
O cenário hoje é radicalmente diferente: há pelo menos 42 instituições distribuídas em nove estados e no Distrito Federal, conforme pode ser visto no Quadro 5.¹⁵² Essas instituições adotam distintos modelos de negócios: oito são empresas integradas ou empresas *fabless with manufacturing capabilities*; quatro são empresas *fabless*; 15 atuam apenas na etapa de *back-end*; 12 são DHs; duas são prestadoras de serviços; e uma integra a cadeia de EDA. Essas instituições adotam também distintas naturezas jurídicas: há uma empresa pública, trinta empresas privadas, três instituições públicas e sete instituições privadas sem fins lucrativos. Além disso, o setor já apresenta resultados expressivos:

Dados da Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (Abisemi), criada em 2014, indicam que o setor de semicondutores já fatura mais de R\$ 1 bilhão por ano e gera mais de 1.500 empregos qualificados no país. Os investimentos em infraestrutura fabril foram aproximadamente de US\$ 1 bilhão e de mais de US\$ 100 milhões em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) (RIVERA *et al.*, 2015, p. 364).

As figuras 28 e 29 fornecem um panorama do tamanho das empresas presentes na indústria de semicondutores no Brasil, quanto a faturamento e número de empregados. Essas figuras se referem apenas às 29 empresas que responderam ao questionário que integra esta pesquisa. Percebe-se que a maioria das empresas está na faixa de faturamento de até R\$ 1 milhão e emprega de dez a cinquenta pessoas. No entanto, há um número expressivo de empresas que emprega mais de cem pessoas.

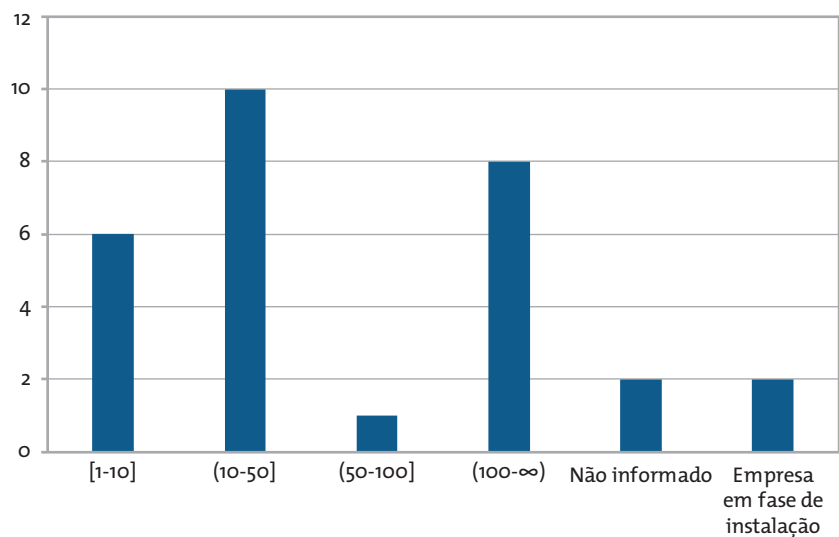
¹⁵² *Esse quadro busca listar de forma exaustiva as empresas presentes no setor de componentes semicondutores no Brasil. Foram utilizadas várias fontes, tais como a lista de empresas habilitadas no Padis, a lista de empresas e entidades participantes do Programa CI-Brasil, a lista de associados da Abinee e artigos acadêmicos variados. A ambição de ser exaustiva é, entretanto, difícil de ser atingida, principalmente no momento atual, em que constantemente surgem novos empreendimentos no setor.*

Figura 28. Faturamento das empresas da indústria de semicondutores no Brasil, 2015 (R\$ milhões)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 29. Número de empregados nas empresas da indústria de semicondutores no Brasil, 2015



Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5. Mapeamento das empresas de semicondutores no Brasil

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Empresas integradas e empresas <i>fabless with manufacturing capabilities</i>							
BrPhotonics	BrPhotonics Produtos Optoeletrônicos S.A.	SP	Campinas	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil e Estados Unidos da América (EUA)	2014	Dispositivos fotônicos (<i>lasers</i>), moduladores, fotodetectores) para sistemas ópticos de alta velocidade; IPs microeletrônicos e fotônicos; e serviços especializados de projeto e encapsulamento fotônico e microeletrônico.
Ceitec S.A.	Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A.	RS	Porto Alegre	Empresa pública	Brasil	2008	Soluções para identificação automática (<i>radio-frequency identification – RFID e smartcards</i>); <i>application specific integrated circuit (ASIC)</i> ; serviço de fabricação (Projeto Multiusuário Brasileiro); e serviço de afinamento, corte e encapsulamento.
S4 Solar	S4 Solar do Brasil Ltda.	PE	Suaape	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2012	Células e módulos fotovoltaicos.
Semikron	Semikron Semicondutores Ltda.	SP	Carapicuíba	Empresa privada com fins lucrativos	Alemanha	1963	Componentes semicondutores discretos de potência.
Sunew	Sunew Filmes Fotovoltaicos Impressos S.A.	MG	Belo Horizonte	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2015	Soluções customizadas com painéis solares orgânicos (<i>filmes fotovoltaicos orgânicos [organic photovoltaics] – OPV</i>).

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Empresas integradas e empresas <i>fabless</i> with <i>manufacturing capabilities</i>							
Techno-Cells	Techno-Cells Indústria de Semicondutores Solares ES Ltda.	ES	Colatina	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2014	Células e módulos fotovoltaicos.
TSA Microeletrônica	Divisão da TSA do Brasil (TSA – Tecnologia em Sistemas Automotivos Ltda.)	SP	Itu	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	1992	Circuitos híbridos** de filmes espessos para aplicações automotivas.
Unitec	Unitec Semicondutores S.A.	MG	Ribeirão das Neves	Empresa privada com fins lucrativos	Argentina, Brasil e EUA	2012	Circuitos integrados (CI) para conexão de sistemas urbanos, cartões inteligentes e aplicações médicas.
Empresas <i>fabless</i>							
ExcelChip	ExcelChip Sistemas Eletrônicos Ltda.	SP	São Paulo	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2008	Circuitos integrados para iluminação <i>light emitting diode</i> (LED) e luminárias associadas; equipamentos de automação e controle; projeto de sistemas e placas customizadas; desenvolvimento de <i>firmware</i> (software embarcado); e desenvolvimento de <i>software</i> em geral.

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Empresas <i>fabrics</i>							
SiliconReef	Siliconreef Consultoria, Pesquisa e Projeto em TI S.A.	PE	Recife	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2008	Power management chips.
SMDH	Santa Maria Design House	RS	Santa Maria	Instituição privada sem fins lucrativos	Brasil	2009	Microcontroladores de 8 bits e 16 bits; circuitos tolerantes à radiação; e ASICs em geral (analogicos e digitais).
Von Braun Labs	Centro de Pesquisas Avançadas Werner Von Braun	SP	Campinas	Instituição privada sem fins lucrativos	Brasil	1997	Circuitos integrados <i>mixed-signal</i> ; ASICs; e soluções complementares de <i>hardware</i> , <i>software</i> e sistemas, formando soluções completas para o cliente.
Empresas de <i>back-end</i>							
Adata Integration	Adata Integration Brazil S.A.	SP	Santo Antônio de Posse	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil e Taiwan	2014	Memórias.
BRC: Brasil Componentes	Multilaser Indústria de Equipamentos de Informática, Eletrônicos e Ópticos Ltda.	MG	Extrema	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2013	Memórias.
BYD Energy do Brasil	BYD Energy do Brasil Ltda.	SP	Campinas	Empresa privada com fins lucrativos	China	2015	Painéis solares de silício policristalino.

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Empresas de back-end							
Cal-Comp	Cal-Comp Indústria de Semicondutores	AM	Manaus	Empresa privada com fins lucrativos	Taiwan	2014	Cartões de memória; dispositivos Universal Serial Bus (USB) Flash Drive; e memórias.
Cromatek	Cromax Eletrônica Ltda.	SP	Guarulhos	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	1997	Componentes eletrônicos semicondutores baseados em LED.
First Solar	First Solar Brasil Indústria e Comércio de Equipamentos de Energia Solar Ltda.	SP	Sorocaba	Empresa privada com fins lucrativos	EUA	2015	Módulos fotovoltaicos.
Gemalto	Gemalto do Brasil Cartões e Terminais Ltda.	PR	Pinhais	Empresa privada com fins lucrativos	Países Baixos	ND	Smartcards.
Gigastone	Gigastone do Brasil Indústria de Semicondutores Ltda.	MG	Varginha	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil e Taiwan	2015	Memórias e cartões de memória.
Globo Brasil	Globo Brasil Indústria de Painéis Solares e Acm Ltda.	SP	Valinhos	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2014	Painéis fotovoltaicos.
HBS	High Brigde Semicondutores Indústria Ltda.	SP	São José dos Campos	Empresa privada com fins lucrativos	ND	2007	Memórias.

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Empresas de back-end							
HT Micron	HT Micron Semicondutores Ltda.	RS	São Leopoldo	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil e Coreia do Sul	2009	Cartões de memória; dispositivos USB Flash Drive (UFD); <i>smart chips</i> ; memórias; e <i>Cis system on a chip</i> (SoC).
LC Eletrônica	LC Indústria Eletrônica Ltda.	MG	Santa Rita do Sapucaí	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2004	<i>Smartcards</i> ; e módulos de <i>display</i> de cristal líquido.
Morpho	Morpho do Brasil S.A.	SP	Taubaté	Empresa privada com fins lucrativos	França	2011	<i>Smartcards</i> .
Smart Modular	Smart Modular Technologies Indústria de Componentes Eletrônicos Ltda.	SP	Atibaia	Empresa privada com fins lucrativos	EUA	2002	Memórias.
ViV Brasil	ViV Brasil Energia Renovável Indústria e Comércio Ltda.	BA	Salvador	Empresa privada com fins lucrativos	Portugal	ND	Módulos fotovoltaicos.
Design houses							
Chipus Microeletrônica	Chipus Microeletrônica Serviços de Engenharia Elétrica Ltda.	SC	Florianópolis	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2008	IPs analógicos e de sinais mistos; prestação de serviços de projetos de circuitos analógicos, de sinais mistos e de radiofrequência; e desenvolvimento de soluções completas em ASICs.

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
<i>Design houses</i>							
CPqD	Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações	SP	Campinas	Instituição privada sem fins lucrativos	Brasil	1976	Chips de alta integração (<i>domain specific modeling</i> – DSM)
CTI	Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	SP	Campinas	Instituição pública	Brasil	1982	Chips <i>mixed-signals</i> e SoCs.
DFChip	DFChip Sistemas Eletrônicos Ltda.	DF	Brasília	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	2014	Chips analógicos, incluindo <i>IP porting</i> , projeto sob demanda, verificação e <i>layout</i> .
Eldorado	Instituto de Pesquisas Eldorado	SP	Campinas	Instituição privada sem fins lucrativos	Brasil	1999	Projetos analógicos, de radiofrequência, digital e <i>mixed-signals</i> .
Floripa DH	ND	SC	Florianópolis	Instituição pública	Brasil	2009	Chips de ultrabaixa potência.
Idea! Electronic Systems	Idea! Sistemas Eletrônicos Ltda.	SP	Campinas	Empresa privada com fins lucrativos	Brasil	1997	Serviços de desenvolvimento; <i>IP</i> cores para comunicação digital e interfaces; <i>IP</i> cores de subsistemas para TV Digital (moduladores e demoduladores); e <i>chip</i> demodulador de TV Digital.

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Design houses							
Lincs – Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste	Laboratório para a Integração de Circuitos e Sistemas (Integrado ao Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste)	PE	Recife	Instituição pública	Brasil	2006	RFID; chips de controle; e computação de alta performance.
LSI-TEC	Associação do Laboratório de Sistemas Integráveis	SP	São Paulo	Instituição privada sem fins lucrativos	Brasil	2000	ASICs e firmware associados.
NXP	NXP Semicondutores Brasil Ltda.	SP	Campinas	Empresa privada com fins lucrativos	Holanda	1965	Centro de projeto global de CIs e IPs da empresa multinacional.
Perceptia	ND	SP	Campinas	Empresa privada com fins lucrativos	EUA	2003	CIs; e propriedade intelectual.
Senai Cimatec	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Unidade Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia	BA	Salvador	Instituição privada sem fins lucrativos	Brasil	2002	Etiquetas RFID.

(continua)

(continuação)

Nome fantasia	Razão social	Estado	Cidade	Natureza jurídica	Origem do capital	Ano de início* do empreendimento no Brasil	Principais produtos
Outras							
Cadence	Cadence Design Systems do Brasil Microeletrônica Ltda.	MG	Belo Horizonte	Empresa privada com fins lucrativos	EUA	2015	Electronic Design Automation Industry – desenvolvimento do software JasperGold; e verificação de IPs.
Imec	Imec	SP	Campinas	Instituição privada sem fins lucrativos	Bélgica	2013	Prestadora de serviços – Intermedia: serviços de fabricação de semicondutores prestados por terceiros (front-end, back-end e logística).
NSCAD Microeletrônica	Não tem figura jurídica	RS	Porto Alegre	–	Brasil	2005	Prestadora de serviços – Treinamento: softwares de electronic design automation (EDA); instalação e configuração de ambientes de EDA; e consultoria para a prototipagem de CIs, licenciamento de softwares de EDA e design kits.

Fonte: Elaboração própria.

* O ano de início do empreendimento não necessariamente corresponde ao ano de início da operação da empresa ou ao ano em que a empresa começou a trabalhar com atividades relacionadas a semicondutores.

** Circuitos híbridos são considerados um estágio intermediário entre as placas de circuito impresso e os CIs. Eles são obtidos por meio da deposição de materiais (filmes finos ou filmes espessos) sobre placas cerâmicas para conectar componentes discretos, semicondutores ou passivos.

Cabe analisar brevemente algumas dessas empresas. O grupo de empresas integradas e empresas *fabless with manufacturing capabilities*, BrPhotonics, Ceitec S.A. e Unitec, será discutido com mais detalhe na próxima seção. A Semikron é uma subsidiária de uma empresa alemã de componentes semicondutores discretos que se instalou no Brasil na década de 1960. Melo, Rios e Gutierrez (2001, p. 38) argumentam que:

Vale a pena registrar a quase surpreendente permanência da Semikron no cenário brasileiro, onde está presente, como indústria, desde meados da década de 70. Naquela ocasião foi iniciada a etapa de difusão de semicondutores na empresa, permanecendo ativa até hoje. O fato de sempre ter exportado parcela significativa da sua produção – hoje [2001] equivalente a quase 40% – é considerado o grande responsável por sua estabilidade frente às drásticas oscilações internas. A empresa atravessou três períodos especialmente difíceis em sua história: a ida da indústria de consumo para Manaus, quando enfrentou uma queda abrupta de 30% em seu faturamento; a reserva de mercado para a informática, que a fez enfrentar, como empresa de capital alemão, imensas dificuldades para continuar operando no país; e os anos recentes de desindustrialização nos segmentos eletrônicos de bens finais e subconjuntos. Esse, aliás, é atualmente o seu maior problema. Seus clientes típicos, os fabricantes de retificadores industriais e fontes de alimentação, têm desaparecido, pois, apesar da pouca complexidade dos produtos cujo peso é proporcionalmente elevado, eles vêm sendo substituídos por importações.

A Sunew é um *spin-off* do Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) Brasil que irá fabricar células fotovoltaicas orgânicas impressas. A fábrica, resultado de um investimento de R\$ 100 milhões, foi inaugurada em 2015 e seus acionistas são o CSEM Brasil, a FIR Capital e a BNDESPar (BH..., 2015). A tecnologia utilizada pela Sunew foi desenvolvida pelo CSEM Brasil, que é um centro de pesquisa aplicada, privado e sem fins lucrativos, criado em 2006 por meio de uma parceria entre o CSEM e a FIR Capital. O CSEM Brasil havia recebido recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e do BNDES para instalar um centro de P&D de eletrônica orgânica em Belo Horizonte, e a empresa é resultado desse projeto (EMPRESA..., 2015).

A Techno-Cells é uma empresa do grupo Solar-Par, que anunciou, em 2013, a intenção de instalar no Brasil três unidades produtivas de células e painéis fotovoltaicos, atuando em todas as etapas da cadeia produtiva. A empresa adquiriu uma reserva de quartzo e pretende investir também na purificação de silício. O investimento total é estimado pela empresa em R\$ 900 milhões, e os locais escolhidos foram Colatina (ES), Campo Grande (MS) e Teófilo Otoni (MG). O conjunto das plantas industriais terá uma capacidade produtiva total de 660 MW ao ano em células fotovoltaicas e de 270 MW ao ano em módulos fotovoltaicos e gerará 1.320 empregos diretos.

A S4 Solar, por fim, está instalando uma unidade de montagem de painéis solares em Suape (PE), com capacidade de 200 MW, que deve começar a operar até o fim de 2016. A partir do fim de 2018, a empresa pretende também fabricar células fotovoltaicas.

No segmento de encapsulamento de memórias (que, em realidade, engloba as atividades de corte, encapsulamento e teste), há atual-

mente três empresas operando no país. A Smart Modular, a mais antiga delas, é uma subsidiária de uma empresa americana que começou a operar no Brasil em 2002 montando módulos de memória e que instalou uma unidade de encapsulamento em 2005, na mesma época em que a Itaucom encerrava as suas atividades. A HT Micron, por sua vez, é uma *joint venture* entre a sul-coreana Hana Micron e o grupo brasileiro PARIT, que controla também as empresas Altus e Teikon. A empresa foi fundada em 2009 e anunciou um investimento de US\$ 200 milhões (RENNER, 2010). Uma planta-piloto foi iniciada em 2011, e a fábrica foi inaugurada em 2014. A Multilaser, empresa do segmento de suprimentos de informática e produtos eletrônicos, também entrou no segmento de memórias em 2014, com um investimento estimado em R\$ 75 milhões.

Além dessas empresas, há outros quatro projetos em instalação: Adata Integration, Cal-Comp, Gigastone e HBS. Em 2015, a Cal-Com anunciou um investimento de R\$ 85 milhões para instalar uma planta de encapsulamento de memórias na Zona Franca de Manaus (QUEIROZ, 2015). Essa unidade deve ser inaugurada em julho de 2016. A Gigastone do Brasil é uma *joint venture* entre a empresa brasileira Coletek e a empresa taiwanesa Gigastone. A Coletek atua no segmento de produtos de informática, prestando serviços de montagem. A unidade de encapsulamento de memórias deve ser inaugurada em outubro ou novembro de 2016.

De acordo com Rivera e outros (2015, p. 367-368), as encapsuladoras de memórias trazem alguns benefícios para o ecossistema brasileiro:

– Fortalecimento de Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) e universidades: em atendimento às exigências do PADIS para aplicação de recursos em P&D em se-

micondutores, a Smart já utilizou serviços de mais de vinte ICTs locais, tendo instalado um centro de testes de memórias no Instituto Eldorado. Ainda em estágio inicial, a Multilaser deverá seguir curso semelhante. A HT Micron utiliza os recursos para reforçar sua relação com a Unisinos, responsável pela formação de RH nas universidades da Coreia do Sul.

– Novo paradigma tecnológico: com as atividades de P&D desenvolvidas pelo centro de pesquisas na Unisinos, pode-se capturar oportunidades em serviços de encapsulamento e testes das próximas gerações tecnológicas, por exemplo, *Through Sillicon Via* (TSV).

– Redução do impacto na balança comercial: estima-se que as operações locais de encapsulamento de memórias DRAM (usadas para PCs e notebooks) sejam responsáveis por uma redução média do déficit comercial em até US\$ 100 milhões/ano, ou cerca de 10% do déficit em memórias DRAM usadas pelo país.

– Desenvolvimento de *know-how* em testes: no mundo, o serviço de encapsulamento é feito por terceiros como um serviço; os testes, elo crítico na área de memória, são feitos *in-house*. Como o PPB orienta que parte dessa atividade seja feita localmente, as encapsuladoras passam a ser empresas de produto, comprando o *wafer*, encapsulando e vendendo no mercado local. Para tanto, estão desenvolvendo P&D e conhecimento na área de testes.

Além das empresas que realizam o *back-end* de memórias e produtos correlatos, há também três empresas que encapsulam *smartcards*

e *simcards*: Gemalto, LC Eletrônica e Morpho. De acordo com um dos entrevistados, já havia, há algum tempo, produção de cartões telefônicos no país em volume expressivo. Quando aumentou a demanda por *smartcards*, o MCTI sugeriu, então, a inclusão da etapa de *packaging* no PPB desses produtos.

E as empresas entraram e começaram a produzir. O que as empresas não fizeram, porque demandava um investimento maior e não era realmente o foco delas – porque essas empresas que estão fabricando aqui não são empresas de semicondutores, são empresas de cartões – elas não realizavam no país a etapa de corte, elas traziam as lâminas cortadas, faziam apenas o *packaging*. [...] Por isso que elas mantêm a operação, graças ao PPB, graças ao mercado que é bom, graças à cooperação que elas desenvolvem com as operadoras (Entrevistado E).

Cabe notar que essas empresas não têm direito ao Padis porque não realizam a etapa de corte e porque *simcard* não está na lista de componentes incentivados pelo programa. A Morpho, que pertence ao grupo francês Safran, atua no Brasil desde 1999, oferecendo soluções para identidade digital, transações seguras e sistemas de detecção. Em 2011, a empresa investiu € 4 milhões para implantar uma unidade com capacidade para processar 60 milhões de *chips*. A planta foi inaugurada em 2011 e produz *chips* para celulares, cartões bancários e registro civil (BOUÇAS, 2011).

Além disso, há diversas iniciativas no segmento de montagem de módulos fotovoltaicos: BYD Energy do Brasil, First Solar, Globo Brasil (já operando) e ViV Brasil. A chinesa BYD anunciou um investimento de R\$ 150 milhões para instalar uma unidade de

montagem de painéis solares usando células importadas em Campinas (SP), com capacidade de 200 MW (BRASIL..., 2015b). A unidade deve começar a operar a partir de dezembro de 2016. A Globo Brasil, que existe desde 1992, trabalhava com produtos de alumínio e itens para vedação na construção civil. A partir de 2014, passou a montar módulos fotovoltaicos. É a única empresa realizando essa atividade em nível industrial atualmente. Tem capacidade produtiva anual de 180 MW.

Em relação às DHs e empresas *fabless*, a maioria delas é fruto do PNM e do Programa CI-Brasil. A principal exceção é a Motorola, que instalou uma DH em Jaguariuna (SP) em 1997. Em 2004, a Motorola vendeu a sua divisão de semicondutores, que passou a ser uma empresa independente chamada Freescale Semicondutor. Em 2007, a Freescale transferiu sua DH para Campinas. Em 2015, a Freescale foi comprada pela holandesa NXP Semiconductors. Rivera e outros (2015, p. 396-370) afirmam:

Única iniciativa comercial de projetos de CI no país existentes previamente ao PNM, a Freescale é o maior dos centros cativos em operação no Brasil, com mais de cem engenheiros de projetos, sendo referência para soluções no setor automotivo. Compete por serviços de design com outras filiais, com custos de mão de obra superiores aos da Índia e inferiores aos dos EUA, mas com baixa rotatividade e reconhecida competência. [...] Recentemente, a corporação reviu sua estratégia para tornar a unidade um centro de lucro, passando a ter a responsabilidade de desenvolver negócios localmente, nos segmentos industrial e de eletrônica de consumo, com foco em IoT.

Outras exceções são o CTI, o Eldorado e a Idea!. O Eldorado é uma associação civil criada em 1999 que atua na área de *design* de CIs desde 2002.

Com cerca de sessenta projetistas, o Eldorado está estruturando talvez o maior centro de qualificação, testes e homologação de CIs da América Latina, firmou parceria com a Intel para formação de *designers*, tem desenvolvido projetos com CPqD, Freescale, Perceptia entre outras empresas, além de ter sido o ensaio inicial do programa de formação de pessoal do CI-Brasil (RIVERA *et al.*, 2015, p. 371).

Algumas ICTs com capacitação em engenharia de *hardware* e sistemas formaram DHs por meio do CI-Brasil. O objetivo é desenvolver CIs para ofertar uma solução de *hardware*, *software* embarcado e CI para os seus clientes finais. É o caso do C.E.S.A.R, do LSI-TEC e do Von Braun Labs.

A SiliconReef é uma *startup* apoiada pelo Fundo Criatec do BNDES. O C.E.S.A.R é um dos acionistas da SiliconReef e transferiu para essa empresa toda a sua estrutura de *design*. Essa empresa *fabless* trabalha com *mixed-signal*, e seu primeiro produto foi um *chip* para gerenciamento de energia do tipo *energy-harvesting*.

Outras DHs surgiram por meio de grupos de pesquisa em universidades. É o caso da SMDH, que desenvolveu junto com a Chipus um MCU de 8 bits. A SMDH também projetou para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) o primeiro CI resistente à radiação.

De acordo com Rivera e outros (2015, p. 372), os benefícios das empresas de projeto para o ecossistema brasileiro são:

- Benefícios comuns: formação de mão de obra com elevado salário e especialização setorial.

- Centros cativos: potencial gerador de *start-ups* por funcionários contextualizados no setor, fortalecimento da marca do país no setor (“cartão de visitas”) para atração de novos investimentos e (eventual) desenvolvimento de CI com foco no mercado local, fortalecendo indústria a jusante. Impacto desprezível na balança de serviços e registro de PI [propriedade intelectual] (transferência entre firmas).
- *Fabless*: fortalecimento do complexo eletrônico, ao desenvolver CIs para indústria a jusante local; subcontratação de serviços para DHs/SIPs; quando *fabless* verticalizada, ajuda as empresas eletrônicas locais a melhorar seus produtos por meio do desenvolvimento de CIs específicos.
- DHs e SIP: porta de entrada para os demais modelos, formando projetistas e relacionamentos na indústria.

Além das empresas, outro ator importante no ecossistema brasileiro é a Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (Abisemi), criada em 2014 por Ceitec S.A., HT Micron, Smart Modular e Unitec Semicondutores. Posteriormente, associaram-se também DFChip, LSI-TEC, Multilaser e o Instituto Tecnológico em Semicondutores da Unisinos. De acordo com um dos entrevistados, a criação da Abisemi é fruto da evolução do ecossistema e dos vínculos cooperativos que existem entre as empresas:

Nenhum ecossistema se desenvolve se a gente não tiver estabelecido no país o conjunto de elos de uma cadeia produtiva. E, além do mais, tipicamente no início do desenvolvimento desse tipo de ecossistema, as empresas se unem. Isso terminou originando

a criação da Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (Abisemi) [...]. Essa relação, ela tem que estabelecer, pelo menos no início do ecossistema, vínculos bastante fortes, vínculos de cooperação bastante íntima, de realmente uns ajudarem os outros. Porque, na verdade, no início da criação do ecossistema, nos primeiros anos do ecossistema, não existe concorrência. Então a gente consegue [...] estabelecer relações e vínculos mais profundos. E *tudo o que a gente quer* [...] quando cria uma associação dessas e começa a se relacionar com outras empresas, *é que o ecossistema evolua a um ponto* em que, um dia, *nós nos tornemos concorrentes* (Entrevistado B, grifos nossos).

Outro entrevistado ressalta que a Abisemi tem regulamentos claros e previne relações anticompetitivas entre as empresas:

O que a gente cuida? Nós nunca nos encontramos, principalmente as empresas concorrentes entre si. [...] Porque isso pode dar subsídios ao Cade [Conselho Administrativo de Defesa Econômica] de dizer que a gente está trabalhando de uma forma cooperativada, *dumping* de preço, qualquer coisa que tu possa imaginar. Mas a associação tem regulamentos muito claros [...] (Entrevistado H).

Em relação aos desafios do setor, os entrevistados, de maneira geral, não atribuem grande importância aos desafios técnicos. O único desafio da área fabril mencionado é a ausência de fornecedores e prestadores de serviço nas proximidades. Isso faz com que praticamente todos os insumos, equipamentos, peças de reposição e serviços de manutenção precisem ser adquiridos via importação, o que é, como já

foi dito, problemático, em função da falta de agilidade nos procedimentos alfandegários.

De acordo com um dos entrevistados, os desafios são “os mesmos que toda indústria. O cenário macroeconômico brasileiro e fora é um desafio para qualquer empresa estabelecida. Eu te diria até que é um desafio para qualquer cidadão. [...] O resto a gente está trabalhando” (Entrevistado H).

Um dos desafios impostos pelo cenário macroeconômico foi a desvalorização do Real. Para as empresas que trabalham com *commodities*, além de o preço do dólar ter subido, o que encarece os insumos, o preço da *commodity* no mercado interno diminuiu. “Tenho certeza que o cenário que hoje nós enfrentamos é o mesmo da nossa concorrente. O que, de uma certa forma, é bom, porque a dificuldade é de ambos. Isso aí tem sido claro e o impacto repercute da mesma forma no mercado” (Entrevistado H).

Outro entrevistado ressalta que o principal desafio é acessar o mercado da forma correta no tempo correto:

E os principais riscos que eu vejo, e as principais dificuldades são associadas a como conseguir colocar o nosso produto no mercado. Porque o produto certo não é o melhor produto, é o produto que o cliente quer. O produto certo é o produto que o seu cliente diz que quer, e você entrega no prazo que ele quer e no preço que ele quer. E ter tecnologia para conseguir resolver esse problema e chegar no mercado no *time-to-market* correto com a competitividade correta, esse é o grande desafio (Entrevistado I).

Por fim, outro entrevistado relata que

[...] a maior dificuldade [...] é que você tem que ganhar credibilidade no dia a dia. [...] A gente precisava

mostrar, antes de mais nada, que nós somos uma empresa séria, uma empresa com uma gestão rigorosa, e com capacidade de desenvolver produtos e de criar mercados (Entrevistado J).

Para concluir, cabe mencionar um aspecto importante desse ecossistema e que também foi mencionado por vários entrevistados: o empreendedorismo. Um dos entrevistados mencionou que a política de incentivo do governo é muito importante para o setor, mas que ela ainda é menos agressiva que a de outros países e que, dessa forma, os empresários assumem um grande risco:

O governo chinês aporta recursos diretamente. *Aqui é um risco extremo. É uma empresa de capital intensiva. Tu exige demais.* Por mais que tenha recurso financiado por BNDES e Finep. [...] Porque quando tu está tomando um empréstimo, muitas vezes, se tu não der garantia de um, dois, tu não consegue seguir. Então, *quem arrisca é o empresário. E esse é o elo mais difícil de encontrar no Brasil atualmente, quem suporte esse risco* (Entrevistado H, grifos nossos).

Outro entrevistado afirma algo semelhante:

[...] eu estive conversando sobre indústria de semicondutores com todos os *players* brasileiros. [...] os principais bancos, os principais fundos, as principais empresas. Eu estive com todos eles. [...] E *todo mundo achava sensacional*, todo mundo achava “esse é o futuro, muito bom, muito importante”. *Mas na hora de decidir, existe uma deficiência muito grande, de quem vai validar esse negócio.* Ninguém tem essa competência *in house* para validar isso. Então, realmente, *aqueles que tomaram a primeira decisão*

de investimento [...] foram muito arrojados, foram muito corajosos, porque é um negócio de risco. [...] Essa é uma indústria de alto risco. Numa nova região, é de maior risco ainda. Realmente, os acionistas dessa empresa são muito corajosos (Entrevistado J, grifos nossos).

5.2 As *foundries* brasileiras

Feito o mapeamento da indústria de semicondutores no Brasil, esta seção analisa de maneira mais aprofundada as empresas que pretendem realizar no Brasil a etapa de fabricação (*front-end*) de dispositivos semicondutores. Essa etapa da cadeia produtiva é a que apresenta maiores desafios, pois a complexidade tecnológica do processo produtivo é mais elevada. Uma importante consequência da complexidade tecnológica é o nível de investimento necessário para instalar e operar uma fábrica de semicondutores. Como visto anteriormente, esta é a etapa da cadeia de valor que exige os maiores montantes de capital.

A complexidade tecnológica depende, *grosso modo*, de dois fatores: a geometria ou nodo tecnológico do dispositivo e o número de etapas necessárias para produzi-lo. Quanto menor a escala do dispositivo (ou seja, quanto menor a dimensão crítica dos transistores e demais unidades básicas que compõem o componente semicondutor), mais complexo e caro é o processo para produzi-lo. Escalas menores também exigem equipamentos mais modernos e caros e salas limpas com graus de pureza maiores. Além disso, um dispositivo semicondutor é produzido por meio de diversas etapas de processamento físico-químico (limpeza, litografia, deposição de materiais, corrosão, implantação, oxidação, tratamento térmico etc.) que se sucedem e repetem.

Hatch e Mowery (1998, p. 1.462) explicam que “o desenvolvimento de muitas dessas etapas se baseia na arte e no know-how, e não na ciência; eles não são bem compreendidos ou facilmente replicados em diferentes equipamentos ou em diferentes instalações¹⁵³ [...]”. Isso significa que a produção de dispositivos semicondutores envolve uma boa dose de conhecimentos tácitos.

Com base nos fatores que determinam a complexidade do processo produtivo, é possível afirmar também que a fabricação de alguns tipos de dispositivos é mais complexa que a de outros. Componentes discretos são em geral fabricados em geometrias maiores e a sua produção é feita em um número menor de etapas. Os CIs, por outro lado, são fabricados em geometrias menores e a sua produção envolve mais de uma centena de etapas. Os componentes fotônicos, por sua vez, estão em uma posição intermediária nesse espectro de complexidade. Dessa forma, a presente seção trata das empresas que possuem unidades de fabricação de CIs (Ceitec S.A. e Unitec) e de componentes fotônicos (BrPhotonics). As empresas que fabricam componentes discretos (Semikron) e circuitos híbridos (TSA Microeletrônica) não serão analisadas, pois se considera que o grau de complexidade envolvido na fabricação desses componentes é baixo. Em relação às empresas de células fotovoltaicas (Techno-Cells e S4 Solar), ainda não há informações detalhadas sobre os investimentos pretendidos e sobre a tecnologia que será utilizada. Por fim, a empresa que irá produzir filmes fotovoltaicos orgânicos (Sunew) também não trabalha com processos complexos em geometria e número de etapas, apesar

¹⁵³ “the development of many of these steps is based on art and know-how rather than science; they are not well understood or easily replicated on different equipment or in different facilities [...]”.

de ser preciso reconhecer o esforço empreendido pelo CSEM Brasil para desenvolver a tecnologia.

5.2.1 Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada

A criação da Ceitec S.A., hoje empresa pública federal com fins lucrativos dependente do Orçamento da União e vinculada ao MCTI, remonta ao ano de 1999, quando a Motorola Semicondutores decidiu doar uma linha de produção de CIs usada para o Brasil. Inicialmente, a empresa procurou a USP e a Unicamp, que, ao receberem a proposta, elaboraram um projeto para instalar um laboratório de prototipagem de *chips* dentro da USP. No entanto, por mais que os equipamentos fossem doados, a construção do laboratório e da sala limpa exigiria recursos vultosos – orçados inicialmente em US\$ 30 milhões. As universidades solicitaram os recursos à Fapesp, mas tiveram o pedido negado. A Motorola procurou, então, o governador do estado, que novamente negou a concessão dos recursos. Depois dessa negativa, a Motorola foi procurada por alguns professores do Rio Grande do Sul, que disseram que o seu estado teria interesse em receber os equipamentos. Em 2000, os executivos da empresa foram recebidos pelo então governador do Rio Grande do Sul, Olívio Dutra, e em poucos meses foi assinado um acordo para a doação dos equipamentos. Um dos entrevistados relata:

E esse memorando de cooperação para a doação dos equipamentos foi assinado aqui porque o *Rio Grande do Sul se propôs a viabilizar a instalação* enquanto São Paulo disse que não ia dar. Só que o Rio Grande do Sul não tinha condições de fazer o investimento sozinho, porque o Rio Grande do Sul não tem condições fiscais para esse tipo de investimento. [...] Daí o Governo do Estado começou a pressionar o Governo Federal [...] (Entrevistado A, grifos nossos).

O Rio Grande do Sul, entretanto, decidiu que, em vez de criar um laboratório dentro de uma universidade, iria criar uma fábrica de baixo volume para prototipagem. As razões para essa escolha eram: (i) uma universidade não teria condições de operar uma infraestrutura tão cara; (ii) o Governo do Estado não queria favorecer uma universidade em detrimento de outras;¹⁵⁴ e (iii) a criação de um centro independente daria mais visibilidade à participação do governo estadual no empreendimento.

Em 26 de junho de 2000, foi assinado o protocolo de intenções que formalizava a criação do Ceitec.¹⁵⁵ Assinaram esse protocolo o Estado do Rio Grande do Sul, a Secretaria Estadual da Ciência e Tecnologia, a Secretaria Estadual do Desenvolvimento e dos Assuntos Internacionais, o Município de Porto Alegre, a Secretaria Municipal de Produção, Indústria e Comércio, a Companhia de Processamento de Dados do Estado do Rio Grande do Sul, a Companhia de Processamento de Dados do Município de Porto Alegre, a Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul, a Federação das Associações Empresariais do Rio Grande do Sul, a Abinee, a PUCRS, a UFRGS, a Universidade do Vale do Rio dos Sinos, o Consórcio Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para a Educação e a Motorola Inc. O protocolo estipulava que os seus signatários conjugariam esforços e recursos para implantar o Ceitec e que isso seria a “primeira etapa de um conjunto de ações e investimentos estratégicos na área de microeletrônica” (RIO GRANDE DO SUL, 2000). Em 2002, foi criada a associação civil que administraria o Ceitec até 2008.

¹⁵⁴ *Ademais, nenhuma das universidades candidatas era estadual.*

¹⁵⁵ *O nome original do empreendimento era Centro de Excelência Ibero-Americano em Tecnologia Eletrônica Avançada, o que explica a letra I na sigla Ceitec.*

Contudo, os investimentos requeridos para implantar a fábrica eram muito elevados – orçados, naquele momento, em US\$ 100 milhões –, e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, que não dispunha dos recursos necessários, recorreu ao Governo Federal. Este se comprometeu, inicialmente, a dar apenas R\$ 1 milhão para cobrir os custos do primeiro estudo de viabilidade. O governo estadual, por sua vez, além de ter recebido os equipamentos em doação, investiu muito pouco no Ceitec: pagou apenas o anteprojeto da fábrica e o anteprojeto de engenharia, que somaram cerca de R\$ 300 mil, e ficou responsável pela armazenagem dos equipamentos e pelo fornecimento de infraestrutura de energia, água e saneamento: “[...] o governo do Rio Grande do Sul investiu ele próprio muito pouco” (Entrevistado A). A Prefeitura, por sua vez, doou o terreno. Posteriormente, o Governo Federal arcou com a maior parte do investimento: equipou a DH com estações de trabalho e ferramentas de projeto, concedeu bolsas aos projetistas, contratou a construção da fábrica e adquiriu equipamentos complementares.

O objetivo do Ceitec era retomar a capacidade de fabricar CIs e fazer P&D aplicada à indústria. Além disso, como os potenciais clientes do centro – a indústria local de bens finais – trabalham com escalas pequenas, a demanda por *chips* não seria grande e mesmo uma fábrica de baixo volume poderia atendê-los. Dessa forma, o Ceitec era, em realidade, a união de três linhas de negócios: (i) uma empresa *fabless*, que projeta *chips* e encomenda a sua fabricação no exterior, em *foundries* que trabalham com geometrias menores e mais avançadas tecnologicamente; (ii) uma fábrica de baixo volume; e (iii) um centro de P&D sob contratação, voltado para integração dos CIs produzidos sob encomenda no Brasil aos sistemas produzidos pelas empresas de bens finais.

Ou seja, adotando a classificação do Quadro 1 apresentado anteriormente, seria a junção de uma DH do tipo 2 – integradora independente – com uma *foundry* de nível 1 – fábrica para prototipagem e produção em baixa escala –, que atuaria como fábrica e centro de P&D.

Um dos entrevistados relata que essa estratégia estava alinhada com a política de incentivo em construção no Governo Federal:

A ideia era a fábrica vir para o Brasil, as *design houses* desenvolverem. Era uma unidade de prototipagem. Seria a unidade-âncora do Programa Nacional de Microeletrônica. Com o lançamento do Programa CI-Brasil em 2005, que aí eram as *design houses*, e também com o início da obra de construção do Ceitec em 2005, a estratégia era então unificar e coordenar esse desenvolvimento e a implantação do ecossistema de microeletrônica. Essa era a ideia (Entrevistado E).

Em relação a nichos de mercado, foram identificadas oportunidades no segmento da IoT, que consiste em uma rede de objetos equipados com *hardware*, *software*, sensores e conectividade, capazes de coletar e compartilhar informação. Dessa forma, a empresa decidiu produzir CIs para identificação automática e rastreabilidade de pessoas, animais e objetos (RFID e *smartcards*), bem como CIs para aplicação específica (ASICs).

A primeira linha de negócios do Ceitec – empresa *fabless* – começou a operar em 2005, no Instituto de Informática da UFRGS. Posteriormente, para permitir a contratação de mais projetistas, o centro passou a funcionar também no Parque Científico e Tecnológico da PUCRS (Tecnopuc). Em 2007, o número de projetistas envolvidos havia atingido 45. A fábrica, por sua vez, começou a ser construída em

2005 sob administração direta do MCTI no terreno doado pelo município de Porto Alegre.

Quando a fábrica estava sendo construída, havia um debate em torno de qual personalidade jurídica o centro adotaria. Alguns defendiam que o centro deveria ser uma organização social (OS). Segundo um dos entrevistados, o modelo de OS era mais adequado, pois o propósito maior do Ceitec era ser um centro de subvenção à inovação. As vantagens de uma OS são: (i) tem maior flexibilidade na contratação de pessoas; (ii) pode realizar projetos de maior risco; e (iii) pode atuar como um centro de P&D que capta recursos e fornece serviços para outras empresas, além de poder atuar como uma empresa propriamente dita, realizando os seus próprios projetos. A posição final do Governo Federal, no entanto, foi a de adotar o modelo de empresa pública. Em 2008, a Lei 11.759 autorizou a criação da empresa pública e o Decreto 6.638 criou a empresa e aprovou o seu estatuto. Dessa forma, o Ceitec se tornou uma empresa pública, agora sob o nome de Ceitec S.A.

De acordo com o Entrevistado A, a escolha pelo modelo de empresa pública inviabilizou a terceira linha de negócios, pois uma empresa não poderia subsidiar outra empresa:

[O Ceitec] iria fazer P&D sob contratação, fazer projetos subsidiados por recursos públicos do subsistema de inovação e ser remunerado por isso. [...] E essa parte de fazer P&D para terceiros fica totalmente limitada pela maneira como o Tribunal de Contas controla uma empresa estatal. Ela não pode subsidiar outra empresa. Ela não pode receber dinheiro da Finep para desenvolver um projeto para outra empresa. Uma OS poderia fazê-lo. Então esse

terceiro modelo de negócios do Ceitec foi caçado, foi eliminada a possibilidade de fazê-lo com a criação, com a institucionalização da Ceitec como empresa estatal. [...] uma organização social, por não ser uma empresa, [pode] fazer projetos de maior risco, subsidiados pelo Estado, e também explorar os rendimentos econômicos da fabricação de produtos dele mesmo. Podia atuar como empresa e também podia trabalhar como um centro de P&D, que capta recursos em parceria com órgãos estatais ou paraestatais, e, mais ainda, teria um regime de controle burocrático na contratação de pessoas muito mais flexível. O Governo Federal deveria mirar para um centro que tinha a característica mais para ser um centro de P&D, um centro de subvenção à inovação, como faz a Embrapii hoje. A Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial, que foi criada pelo MCT também, ela tem o nome empresa, mas na verdade é uma organização social (Entrevistado A).

O modelo de empresa pública evidentemente tem seus pontos positivos, e foi isso que subsidiou a decisão do Governo Federal. Em primeiro lugar, esse modelo garantiria orçamento para a Ceitec S.A. Tendo em vista que o volume de recursos necessário para operar a empresa era elevado, esse foi um ponto fundamental na tomada de decisão. Em segundo lugar, o governo acreditava, por ser um empreendimento industrial e por haver a necessidade de desbravar o mercado e de se comprometer em buscar competitividade e produtividade, o modelo de empresa era superior ao modelo de associação civil ou OS. Vários entrevistados concordam que a decisão do governo impôs desafios à Ceitec S.A., mas acreditam que eles podem ser superados. Um dos entrevistados explica que:

Nessa escolha, se levou em conta as questões de gestão, as questões de operação, as questões de relacionamento com os demais entes públicos, as vantagens de ser uma empresa pública. Foi, se eu não me engano, a segunda empresa pública criada nessa nova fase. Acho que a primeira foi a EBC [Empresa Brasil de Comunicação] e a segunda foi a Ceitec. Eu te diria o seguinte: tem realmente prós e contras. Nós também achamos [...] que a empresa pública Ceitec tem uma certa dificuldade por operar como empresa pública e totalmente dependente de recursos públicos. Bom, mas isso é da natureza do órgão público. Ele tem que obedecer aquelas regras e princípios constitucionais, de transparência, de legalidade etc. E aí você está sujeito, por exemplo, à Lei 8.666. Você imagina uma empresa operar com a Lei 8.666. É complexo. Se para um laboratório ou centro de pesquisa é complexo, imagina para uma empresa pública. Esse é o lado, digamos assim, mais difícil de se equacionar, operacionalizar. [...] Se é o melhor modelo ou não, eu te diria que eu não tenho essa percepção. O que eu sei é o seguinte: a Ceitec deveria, como empresa de semicondutores, ter mais flexibilidade operacional, porque é assim que as empresas de semicondutores trabalham. Então, uma empresa de semicondutores tem que ter agilidade no desenvolvimento e na fabricação dos seus componentes – e é complexo –, tem que ter agilidade para fazer acordos de cooperação com empresas públicas ou privadas, tem que ter agilidade de criar unidade no exterior, tem que ter agilidade de fazer pagamentos, de contratar consultores e profissionais especializados, de comprar equipamentos, comprar insumos, fazer experiências, testes... E isso a gente sabe que como empresa pública é complexo, difícil (Entrevistado E).

A empresa foi criada, portanto, em 2008. Foi determinado que a missão da Ceitec S.A seria “desenvolver soluções inovadoras em microeletrônica, com alto padrão de qualidade e sustentabilidade financeira, atendendo às necessidades estratégicas do Brasil e do mercado, contribuindo para o desenvolvimento nacional” (CEITEC S.A., 2016). Os valores da empresa são:

- Atuar como centro formador de pessoas para a indústria de semicondutores no País;
- Alcançar e superar o patamar tecnológico mundial dos circuitos integrados que desenvolve;
- Contribuir para atender às necessidades estratégicas em circuitos integrados do Estado brasileiro;
- Ofertar circuitos integrados de qualidade, a preços competitivos, atendendo às necessidades do mercado;
- Ser referência em qualidade de gestão na indústria de semicondutores brasileira;
- Garantir um ambiente de trabalho com nível de segurança no padrão mundial da indústria de semicondutores; e
- Minimizar o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida dos seus produtos (CEITEC S.A., 2016, p. 7).

Em fevereiro de 2009, o alemão Eduard Rudolf Weichselbauer foi nomeado presidente da Ceitec S.A. A sede administrativa e o *design center* da empresa foram inaugurados em março de 2009, e a fábrica, que inclui uma sala limpa de 2.000 m², em fevereiro de 2010 (CUNHA, 2010). De acordo com um dos entrevistados, que é crítico

à primeira gestão da Ceitec S.A., o MCTI errou ao dar carta branca a Weichselbaumer, pois ele afastou a equipe que estava trabalhando no Ceitec e a substituiu por pessoas que estavam fora do país, cancelou diversos projetos que estavam em andamento sem trazer novos e não deu continuidade à implementação da fábrica.¹⁵⁶ Em agosto de 2010, Weichselbaumer foi substituído por Cylon Gonçalves da Silva na presidência da Ceitec S.A.

Em agosto de 2011, a Ceitec S.A. assinou um acordo de transferência de tecnologia para produção de CIs com a empresa alemã X-FAB. Foi preciso encontrar um novo parceiro tecnológico para a Ceitec S.A., porque a Motorola, que havia doado os equipamentos, havia vendido a sua divisão de semicondutores e, portanto, não prestava mais apoio técnico. Nesse mesmo ano a empresa também apresentou o CTC13000, um *chip* RFID para aplicações logísticas, e anunciou o início da produção comercial do CTC11002, o Chip do Boi. A Ceitec S.A. também anunciou uma parceria com a empresa brasileira Novus para desenvolver o CTC12100, um ASIC para registro de temperatura.

O ano seguinte foi o primeiro ano de faturamento da Ceitec S.A. Esse faturamento foi obtido totalmente por meio de vendas para o setor privado. O Chip do Boi foi vendido para o Grupo Fockink, que produz brincos eletrônicos. Esse foi o primeiro produto de prateleira da empresa. Ele utiliza tecnologia 0,6 μm e é, portanto, compatível com a fábrica em Porto Alegre. Em 2011, esse *chip* havia começado a ser fabricado na X-FAB. Também gerou receita o CTC13001, que foi vendido para o Flextronics Instituto de Tecnologia para uso em cartuchos de impresso-

¹⁵⁶ É curioso o fato de que, na linha do tempo da Ceitec S.A. apresentada no Relatório Anual de 2013, não há nenhuma menção ao primeiro presidente da empresa (CEITEC S.A., 2014).

ras da HP Brasil (120 mil unidades). Um pequeno lote de testes desse *chip* foi vendido para a Epson (20 mil unidades) (CEITEC..., 2014; CEITEC S.A., 2013). O CTC13001, desenvolvido em geometria de 0,18 μm , rapidamente se tornou o *chip* mais vendido da empresa.

Em 2012 também foi assinado um convênio entre a Ceitec S.A. e a Casa da Moeda do Brasil para produção do novo *chip* do passaporte brasileiro, o CTC21001. O desenvolvimento desse *chip* pela Ceitec S.A., seguindo os padrões estabelecidos pela International Civil Aviation Organization, faria com que o Brasil dominasse toda a cadeia produtiva de passaportes. “Para a CEITEC, o convênio ainda é uma oportunidade de projeção internacional no mercado de microeletrônica por conta das características do CTC21001, que envolvem criptografia e segurança da informação” (CEITEC S.A., 2013, p. 19). A previsão era de que o *chip* seria comercializado a partir de 2014 e seriam produzidos pelo menos 2,2 milhões de *chips* por ano. Em 2012 foi realizado também o primeiro concurso público para contratação do quadro definitivo da empresa. Em termos financeiros, a empresa já havia recebido, até o fim de 2012, mais de R\$ 600 milhões em recursos federais – que incluem tanto investimentos em capital fixo quanto recursos para custeio. Estimava-se que a empresa receberia cerca de R\$ 90 milhões por ano entre 2013 e 2015 (CEITEC S.A., 2013).

Em 2013, foram vendidas 140 mil unidades do Chip do Boi e 6 milhões de unidades do CTC13001. Assim, a empresa faturou o seu primeiro R\$ 1 milhão (CEITEC S.A., 2014). Nesse ano, a Ceitec S.A. passou produzir e ofertar ao mercado o CTC13100, que foi projetado para uso por empresas que estão desenvolvendo soluções para o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (Siniav). Em junho de 2013, o CTC13001 foi o primeiro CI do país a obter o reconhecimento de tecnologia com desenvolvimento nacional. No fim do

ano, a Ceitec S.A. demonstrou à Casa da Moeda o primeiro protótipo funcional do *chip* do passaporte e entregou à Novus o primeiro protótipo funcional do CTC12100. Em 2013, também foi implantada a unidade de teste, afinamento e corte da empresa, que processou mais de 4 milhões de *chips* naquele ano. A Ceitec S.A. iniciou, ainda, a implantação da produção de micromódulos (encapsulamento).

Nesse ano, quando a gestão do presidente Cylon Gonçalves da Silva na Ceitec S.A. chegava ao fim, o Governo Federal estudava vender parte da empresa para a iniciativa privada, pois havia concluído que o formato estatal não era viável em um setor tão concorrido e ágil e, portanto, seria necessário mudar o regime jurídico. O governo ainda permaneceria como sócio, uma vez que reconhecia o caráter estratégico do empreendimento. Segundo Marco Antonio Raupp, que ocupava o cargo de ministro de Ciência, Tecnologia e Inovação naquele ano, era preciso estudar todas as opções que pudessem tornar a Ceitec S.A. viável e rentável. O presidente da Ceitec S.A., por sua vez, reconhecia que a participação direta do Governo Federal havia sido fundamental para dar o empurrão inicial na empresa, mas concordava que era preciso alterar seu modelo institucional (CIGANA, 2013). Essa ideia, porém, foi abandonada, e a empresa segue sendo pública. Em julho de 2013, Marcelo Lubaszewski assumiu a presidência da empresa.

Em 2014, foram comercializadas 15 milhões de unidades do CTC13001, o que fez com que o faturamento mais do que duplicasse em relação ao ano anterior. A expectativa da empresa era se tornar autossustentável em 2018:

conforme seu Plano de Negócios, a empresa prevê nos próximos anos sua entrada no mercado de *smartcards*, o que deve assegurar, juntamente com o crescimento da sua participação nos segmentos de mercado dos

quais já participa, um faturamento crescente, atingindo *break-even* no entorno de 2018 (CEITEC S.A., 2015b, p. 47).

Nesse ano, a previsão de conclusão da transferência de tecnologia de fabricação foi adiada para 2016.

Em 2015, a Ceitec S.A. iniciou a comercialização do CTC13100. Este *chip* foi projetado para atender ao Siniav, projeto do Governo Federal que previa a identificação eletrônica de veículos automotores. A empresa afirmou que estava preparada para atender ao mercado brasileiro gerado pelo Siniav em sua totalidade, que era estimado em cerca de 90 milhões de veículos (CEITEC S.A., 2016). Entretanto, o cronograma do projeto foi alterado diversas vezes, e o início da implantação do Siniav segue incerto. Esse mesmo *chip* atende às necessidades das empresas que estão desenvolvendo soluções para o Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC). Esse registro é condição obrigatória para que o transportador exerça a atividade de transporte rodoviário remunerado de cargas, e a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) está, atualmente, fazendo um cadastramento e exigindo a colocação de etiquetas de identificação no padrão Siniav nos veículos. A Ceitec S.A. estima que existam cerca de 1 milhão de transportadores e 2,3 milhões de veículos cadastrados no RNTRC.

Em 2015, a empresa também lançou o CTC13002, a nova geração do *chip* para múltiplas aplicações em logística. Esse *chip* já recebeu a certificação mais importante para identificação eletrônica, o EPCglobal Class 1 Gen 2. O CTC13002 é o primeiro CI de uma empresa do Hemisfério Sul a receber esse certificado e estará disponível ao mercado no segundo semestre de 2016. Os *chips* CTC13002 e CTC13100 obti-

veram, em 2015, o reconhecimento de bem de informática e automação com tecnologia desenvolvida no país.

A Ceitec S.A. apresentou, em 2015, o CTC12100, ASIC para medição e registro de temperatura de produtos sensíveis. Esse *chip* é resultado da parceria entre a Ceitec S.A e a empresa Novus, firmada em 2011. O dispositivo RFID desenvolvido pela Ceitec S.A. é o principal componente do registrador de temperatura desenvolvido pela Novus. O *chip*, que pode ser utilizado diretamente em cargas perecíveis, registra temperaturas na faixa de -40 °C a +85 °C e transmite esses dados por radiofrequência. O produto da Novus é direcionado à cadeia do frio, que engloba os setores farmacêutico, alimentício e de hemoterapia.

O esforço conjunto entre Novus e Ceitec S.A. resultou no primeiro *chip* com propriedade intelectual brasileira para aplicações de monitoramento e registro de temperatura. De acordo com o diretor industrial da Novus, Marcos Dillemburg, o desenvolvimento desse produto foi benéfico para ambas as empresas: “se fôssemos ao mercado e pedíssemos exclusividade, o preço seria inviável. Chegamos a um modelo para ratear o custo: a propriedade intelectual fica com a CEITEC e nós ganhamos preferência de preço por alguns anos” (SFREDO, 2015, p. 23). Dillemburg também afirma que “houve agilidade e flexibilidade de negociação que nos surpreendeu. É o que se esperaria da iniciativa privada” (SFREDO, 2015, p. 23). Além disso, a substituição de semicondutores importados por um *chip* desenvolvido localmente reduzirá o custo do registrador fabricado pela Novus de R\$ 100 para R\$ 20, tornando-o 50% mais barato que os similares importados (BUENO, 2015).

A empresa também entrou no segmento de *smartcards* em 2015, ao iniciar uma negociação com o Banco do Brasil para o de-

desenvolvimento de um *chip* para uso em cartões de débito, crédito e pré-pago com tecnologia nacional. A nacionalização dessa tecnologia trará ganhos para a indústria, pois reduzirá o prazo para importação do dispositivo e melhorará a eficiência operacional. Além disso, o desenvolvimento local permitirá ampliar a capacidade de atender às demandas de inovação em menor prazo (CEITEC S.A., 2016). Raul Moreira, vice-presidente de negócios de varejo do Banco do Brasil, explica que “hoje, quando quero fazer um produto sob medida, eu dependo de um desenvolvimento feito por uma empresa estrangeira. Nossa parceria vai agilizar esse tipo de desenvolvimento” (MARQUES, 2015).

Em 2015, ainda se iniciou a operação da Linha de Micromódulos, que já resultou em mais de 2 milhões de *chips* encapsulados em micromódulos na fábrica em Porto Alegre (CEITEC S.A., 2016). Além disso, a empresa fez alguns investimentos: (i) no *back-end*, instalou e comissionou três novos equipamentos automáticos para testes e um novo equipamento de corte a *laser* e expandiu a plataforma de teste de produção; (ii) no *front-end*, comissionou um implantador iônico e um novo equipamento de fotolitografia; e (iii) na área de análises, comissionou o equipamento de *focused ion beam*, essencial para os ajustes do processo de fabricação e análise de protótipos.

Em 2015, a Ceitec S.A. passou também a ofertar serviços. O principal deles é o Pmub, que possibilita o uso, pela indústria nacional e pela comunidade acadêmica, das tecnologias licenciadas pela Ceitec S.A., facilitando o desenvolvimento de protótipos e a produção de *chips*. Em 2015, foram realizadas duas rodadas do programa e cinco instituições tiveram seus protótipos materializados. “Outras 10 instituições já solicitaram participação no PMUB nas três rodadas previstas

para 2016” (CEITEC S.A., 2016, p. 5). A fábrica parceira neste projeto é a X-FAB. Outro serviço oferecido pela Ceitec S.A. é o processamento de lâminas de silício. As atividades oferecidas são afinamento (*back-grinding*), corte (*dicing*), inspeção óptica automática, encapsulamento em micromódulos e classificação (*die sorting*).

Quanto a perspectivas para 2016, a Ceitec S.A. espera comercializar em grande escala o *chip* de identificação veicular (CTC13100), iniciar a comercialização do CTC12100, promover a transição do CTC13001 para sua nova geração, o CTC13002, e entregar à Casa da Moeda o *chip* do passaporte. Esse *chip*, que se encontra em fase final de certificação, é uma solução certificada para o passaporte brasileiro e consiste em um *chip* com *software* embarcado e encapsulado em micro-módulo. A empresa afirma, ainda, que:

Além disso, considerando o nível crescente de penetração da tecnologia RFID na vida moderna e que a *inovação no mercado de internet das coisas* se dá tipicamente pela *combinação de tecnologias maduras em aplicações disruptivas*, caberá à empresa *prospectar novas aplicações para seus produtos*, desenvolvendo novos mercados e gerando novos negócios. Em termos de novos produtos, a empresa planeja sua entrada, já nos próximos anos, no mercado de identificação pessoal e de meios de pagamento, o que deve assegurar, juntamente com o crescimento da sua participação nos segmentos de mercado dos quais já participa, um faturamento crescente (CEITEC S.A., 2016, p. 38).

O Quadro 6 resume os produtos ofertados atualmente pela Ceitec S.A. e a Tabela 11 mostra alguns indicadores da empresa, quais

sejam, faturamento, volume de *chips* vendidos, *status* do processo de transferência de tecnologia, número de patentes depositadas por ano e recursos recebidos do Governo Federal.

Quadro 6. Produtos do Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada, 2015

Nome	Nome comercial	Tipo	Aplicação principal	Aplicações secundárias	Status
CTC11002	Chip do Boi	RFID 134 kHz – LF (baixa frequência)	Identificação animal (brinco eletrônico)	Identificação de cilindros de gás, pneus e embalagens	À disposição do mercado
CTC12100	Sensor de temperatura	RFID 13,56 MHz – HF (alta frequência)	Medição e registro da temperatura do produto ao qual o <i>chip</i> está afixado	-	À disposição do mercado
CTC13001	Logística	RFID 915 MHz – UHF (ultra-alta frequência)	Identificação e rastreamento de itens durante toda a fase de produção; controle de estoque e de distribuição	Identificação de bagagens aéreas, de produtos no varejo (supermercados) e na área de saúde (medicamentos, controle de pacientes etc.)	À disposição do mercado
CTC13001T	Lacre eletrônico	RFID 915 MHz – UHF (ultra- alta frequência)	Produtos que exijam lacre (com sinal de entrada que pode ser utilizado para detectar violação)	-	À disposição do mercado
CTC13100	Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos	RFID 915 MHz – UHF (ultra-alta frequência)	Identificação da frota nacional de veículos (Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos)	-	À disposição do mercado
CTC21001	E-Passport	RFID 13,56 MHz – HF (alta frequência)	Passaportes eletrônicos (identificação pessoal e segurança da informação)	-	Em teste de campo

Fonte: Elaboração própria, com base em Ceitec S.A. (2016).

Tabela 11. Indicadores do Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada, 2011-2015

Indicador	2011	2012	2013	2014	2015
Faturamento (R\$ milhões)	0,00	0,19	1,27	2,89	3,76
Chips vendidos (milhões de unidades)	0,00	0,15	4,50	13,09	17,00
Transferência de tecnologia de fabricação (implementação das etapas individuais – %)	0,00	6,00	58,00	70,00	99,00
Patentes depositadas por ano	0,00	2,00	3,00	4,00	10,00
Recursos recebidos do Governo Federal (R\$ milhões)	43,21	69,99	98,19	80,09	73,15

Fonte: Elaboração própria, com base em relatórios anuais e demonstrações financeiras da empresa.

É possível classificar a Ceitec S.A. como uma empresa *fabless with manufacturing capabilities*, pois ela tem unidades em todas as etapas de produção de um CI, mas terceiriza a fabricação de *chips* com determinadas geometrias e detém a propriedade intelectual de todos os seus produtos. A DH da Ceitec S.A. opera desde o início do projeto, em 2005, e desenvolveu todos os produtos ofertados pela empresa até o momento. Apesar de a fábrica ter sido inaugurada em 2010, a unidade de *front-end*, que produzirá *chips* com geometria de 0,6 μm em *wafers* de seis polegadas, ainda está em fase de transferência de tecnologia de fabricação – 99% das etapas individuais da transferência já foram implementadas. Dessa forma, a etapa de fabricação dos *chips* é realizada em fábricas parceiras, na Alemanha e em Taiwan. Quando a transferência de tecnologia estiver concluída e a fábrica passar a operar comercialmente, fábricas parceiras ainda serão utilizadas para produzir *chips* em geometrias inferiores a 0,6 μm . Sobre o seu modelo de negócios, a empresa afirma que:

Os circuitos integrados (CIs) projetados pelo Design Center da empresa poderão ser produzidos pela fábrica da CEITEC S.A., em Porto Alegre, ou em *foundries* (fábricas de *chips*) parceiras da empresa no

exterior. O projeto/*design* de um *chip* é extremamente importante porque nessa atividade concentra-se a geração de valor e de propriedade intelectual para a empresa (CEITEC S.A., 2015a, p. 12).

Apesar de serem fabricados no exterior, todos os *chips* da Ceitec S.A. são testados, afinados e cortados na unidade da empresa no Brasil. A empresa também enfatiza que busca oferecer soluções completas:

Por meio da Divisão de Negócios, a CEITEC identifica no mercado potenciais clientes para seus produtos, com foco em RFID, *ofertando soluções completas (chip e projeto de antenas)* e, sempre que necessário, *auxiliando o cliente a construir a parte relevante da cadeia de suprimentos de seu produto* com a solução CEITEC. Os clientes em potencial são empresas públicas e privadas, de todos os portes. A CEITEC detém a propriedade intelectual de todos os seus *chips* (CEITEC S.A., 2016, p. 12, grifos nossos).

De acordo com a própria Ceitec S.A., a empresa integra “uma política de Estado para desenvolver e fornecer *chips* para necessidades estratégicas do país” (CEITEC S.A., 2013, p. 6). Em outro documento, afirma-se que “[...] a empresa é o resultado dos esforços do governo federal para suprir necessidades estratégicas do País, como defesa nacional, identificação eletrônica do cidadão brasileiro, segurança alimentar e monitoramento do território” (CEITEC S.A., 2015a, p. 11).

De acordo com um dos entrevistados, a Ceitec S.A. é uma “[...] semente plantada pelo Estado para que o ecossistema se desenvolva” (Entrevistado B). Além disso, “[...] a Ceitec tem uma missão um pouco mais ampla e vai além das fronteiras da própria empresa” (Entrevistado B). Segundo Ricardo Felizzola, presidente da HT Micron, muitos dos desafios da Ceitec S.A. estão associados ao fato de que esta foi a

primeira empresa a entrar no setor e que ela teve, portanto, que desbravar o mercado: “eles foram praticamente os bandeirantes entrando na selva e derrubando a mata” (KNEBEL, 2015, p. 10).

Outro entrevistado afirma que, para avaliar seus resultados, é preciso ter clareza sobre qual é a missão da empresa:

O Ceitec, eu acho que, se a gente tem clareza sobre qual é a missão dele, [...], e aí significa ter o entendimento inclusive de que as externalidades que ele gera, a capacitação que ele gera – e eu não estou dizendo que ele não vai ter uma boa posição de mercado, eu acho que ele vai, e ele já vem criando, já vem performando, vem vendendo, vem crescendo a receita –, mas, assim, se eu não faço uma cobrança exacerbada como um acionista que quer ter rentabilidade para ir para a bolsa, se eu sou o acionista governo, que quer desenvolver um ecossistema e que, portanto, tem menos pressa, não precisa amortizar seu investimento, eu acho que o Ceitec tem um papel fundamental (Entrevistado C).

Em relação aos desafios que a empresa enfrenta, Rivera e outros (2015, p. 378) afirmam que:

Dois grandes desafios devem ser enfrentados pela empresa pública Ceitec S.A. O primeiro diz respeito à sua condição de empresa pública, tendo restrições de regime de contratação de pessoal por concurso público e obrigatoriedade de realizar compras seguindo os procedimentos e regras da Lei 8.666/93, que disciplina as compras de empresas e órgãos públicos. Essa condição dificulta o dia a dia da empresa, desde a contratação de serviços e de especialistas do exterior, a retenção de talentos, a possibilidade de participação

acionária de empresas no exterior e mesmo de receber investimentos de empresas estrangeiras. Realizar todo o ciclo de fabricação é outro grande desafio para a empresa. [...] é mister que [a etapa de *front-end*] esteja homologada quanto antes.

Em relação à tecnologia de fabricação que está sendo transferida para a fábrica no Brasil, Rivera e outros (2015, p. 378-379) argumentam que:

Apesar de parte relevante da fabricação mundial ser em tecnologias de até 600 nm, em geral são produtos que envolvem amplo relacionamento com o cliente (ex.: automotivo), produzidos em fábricas concorrentes já depreciadas com escala superior. Quanto maior for o atraso, maior a obsolescência e a necessidade de desenvolver processos fortemente inovadores, o que demandará investimentos mais significativos. Todavia, há um leque de oportunidades para a fabricação no Ceitec, entre os quais os componentes microssistemas (MEMS) – ex.: sensores, giroscópios etc. – optoeletrônicos e fotônicos, bem como a possibilidade de retornar ao plano inicial de ser uma fábrica de prototipagem e inovação. Existe ainda a possibilidade de fazer uma atualização da tecnologia da fábrica para 350 nm ou 250 nm, o que ampliaria o leque de alternativas de mercado, e até mesmo a parceria ou venda do ativo para fabricante integrado no ecossistema internacional.

De acordo com o Entrevistado A, a Ceitec S.A. enfrentou cinco tipos de problemas que prejudicam seu desempenho até hoje. O primeiro é que a Ceitec S.A. demorou muito tempo para ser operacionalizada. O acordo para a doação dos equipamentos foi assinado em 2000 e,

em 2016, a fábrica ainda não está operando comercialmente. Mesmo a DH, que passou a funcionar relativamente rápido (em 2005), demorou para lançar seus primeiros produtos. O segundo se refere à escolha da personalidade jurídica, que ocorreu tardiamente (somente em 2008) e não foi correta, na opinião desse entrevistado. O terceiro é que a empresa realizou poucos investimentos.¹⁵⁷ Além disso, o nível tecnológico dos equipamentos doados pela Motorola é compatível com meados dos anos 1990 (o nodo de 0,6 μm foi lançado em 1994) e está, portanto, bastante defasado. O quarto consiste nos graves problemas de gestão da empresa entre 2008 e 2010. Por fim, o plano de negócios não foi adaptado e atualizado, e a empresa segue investindo nos mesmos produtos que foram identificados como oportunidades em 2004.

Em relação à necessidade de flexibilidade nos processos de aquisição e contratação, outro entrevistado afirmou ser preciso realizar concurso público para contratação de pessoas representa, de fato, um desafio. Em primeiro lugar, isso dificulta a contratação de pessoas no exterior. Em segundo, reduz a agilidade da contratação para reposição de pessoas que saem da Ceitec S.A. para trabalhar em outras empresas, o que é um movimento natural do mercado de trabalho.

Isso é natural, absolutamente natural. Só que isso, para a Ceitec, para uma estatal, tem um impacto bárbaro. Na medida em que sai um conjunto de especialistas da empresa, isso pode impactar o cronograma, a entrega de produtos, de serviços, a transferência de tecnologia e tudo mais (Entrevistado B).

Em relação ao processo de aquisição de bens e serviços, que é regido pela Lei das Licitações, um dos entrevistados declarou que é

¹⁵⁷ *Esse ponto parece ter sido mitigado recentemente, perante os investimentos realizados em novos equipamentos, tanto para o front-end quanto para o back-end.*

possível criar um regime especial de aquisição e que isso está sendo discutido com o Governo Federal para dar mais agilidade à operação da empresa.

Outro entrevistado afirma que “[...] aliam-se nos desafios do CEITEC os desafios da indústria de semicondutores com estar no Brasil sob a condição de empresa pública” (Entrevistado E). O primeiro grupo de desafios, segundo esse entrevistado, reúne criar produtos, ser competitivo, acessar o mercado global etc. O segundo grupo reúne dificuldades operacionais características do país, tais como a falta de agilidade nos procedimentos alfandegários. O terceiro grupo, por fim, reúne os desafios ligados à administração pública no Brasil, em especial as regras que regem os processos de aquisição e contratação.

Sobre a demora para iniciar a operação comercial, o Entrevistado E relata que:

São as dificuldades da operação em um ambiente que não é favorável e propício. Sob que aspectos? Você não tem profissionais que entendam dessa área em abundância, principalmente na área produtiva. Se ela é a primeira indústria que opera, você imagina... Não tem. Tem uma dificuldade muito grande em realmente ter acesso a estas tecnologias. Não é fácil. E a Ceitec teve um complicador adicional que é o seguinte: a empresa que doou estes equipamentos, que é a Motorola, não existe mais. A Motorola virou Freescale e a Freescale agora é NXP. Você tá sozinho. Isso é um complicador maior ainda. Mas, eu diria que isso é assim mesmo. É a primeira indústria, é a primeira unidade fabril de porte, complexa, extremamente complexa.

5.2.2 Unitec Semicondutores

O projeto de instalar no Brasil uma grande indústria de semicondutores foi originalmente idealizado pelo empresário Wolfgang Sauer, ex-presidente da Volkswagen do Brasil, no início dos anos 2000, com base na constatação de que o número de componentes eletrônicos presente nos automóveis estava aumentando, bem como a sua participação no preço final do produto. Entre 2001 e 2002, a empresa de Sauer, hoje chamada Tecnologia Infinita WS IN-TECS Ltda., elaborou o plano de negócios do empreendimento, então chamado Companhia Brasileira de Semicondutores (CBS), visando atrair investidores. Quando a WS IN-TECS começou a divulgar o seu projeto, ela recebeu apoio imediato do Governo Federal, que acabava de iniciar uma nova administração, em 2003, e do Governo do Estado de Minas Gerais, que estava interessado em receber o investimento. Quando procurado, o BNDES concordou com a estratégia proposta, pois ela era compatível com a recomendação do estudo previamente contratado pelo próprio Banco – *fab* de porte médio para fabricar ASICs com tecnologia de processo madura. O projeto passou, então, a ser tratado no BNDES como um projeto estratégico, transformador. No entanto, o Banco identificou que a viabilidade do plano de negócios apresentado dependia ainda de dois fatores: (i) era preciso encontrar um parceiro externo que já estivesse inserido na cadeia global de semicondutores e trouxesse propriedade intelectual, experiência, contatos e mercados; e (ii) era preciso encontrar um empresário com a robustez necessária para conduzir o negócio e aportar o capital requerido para o empreendimento, pois o governo não poderia ser o principal sócio e o condutor do investimento. Em resumo, o empreendimento deveria se basear em um tripé: governo apoiando, capital privado liderando e uma empresa estrangeira da indústria de semicondutores co-

laborando. “É um tripé que levou quase uma década para se formar” (Entrevistado C).

A WS IN-TECS passou, portanto, a buscar investidores e parceiros. Em 2005, a CBS foi constituída em Belo Horizonte.¹⁵⁸ Entretanto, foi apenas em 2012 que o empreendimento foi viabilizado, com a entrada da IBM e de Eike Batista. O projeto, cujo investimento era estimado em US\$ 500 milhões, foi oficialmente anunciado pelo Governo Federal em novembro de 2012, e a empresa passou a se chamar Six Semicondutores S.A. (SANTOS, 2012a; 2012b). A composição acionária da empresa foi definida como a seguinte:

- EBX Holding Ltda., do empresário Eike Batista, com 33,02%;
- BNDESPar, com 33,02%;
- IBM, com 18,8%;
- BDMGTEC Participação S.A., subsidiária do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), com 6,5%;
- Matec Investimentos Ltda., responsável pela construção da fábrica, com 6,07%; e
- Tecnologia Infinita WS IN-TECS Ltda., do empresário Wolfgang Sauer, com 2,59% (RESENDE, 2012).

O grupo EBX e o BNDES entrariam cada um com R\$ 245 milhões na integralização de capital da Six. Além disso, o BNDES financiaria outros R\$ 267 milhões do investimento, que foi enquadrado na linha destinada a projetos transformadores do Programa de Sustentação do Investimento (PSI) (SANTOS, 2012c). Apesar de ter demorado vá-

¹⁵⁸ *A empresa foi constituída naquele ano porque o Governo Federal estava desenhando um incentivo fiscal para o setor – que viria a ser o Padis – e precisava que houvesse uma empresa apta a pleitear o incentivo.*

rios anos para se tornar realidade, a empresa conseguiu assegurar todo o *funding* necessário para realizar o investimento antes de iniciá-lo.

As dificuldades financeiras enfrentadas pelo grupo EBX em 2013, no entanto, forçaram a sua saída do negócio, e a empresa passou a buscar um novo investidor para substituí-lo. Como a empresa dispunha de dinheiro em caixa, não foi preciso paralisar a construção da fábrica, mas apenas diminuir o seu ritmo. No início de 2014, a Corporación América, presidida pelo empresário argentino Eduardo Eurnekian, adquiriu a parcela da Six que pertencia ao grupo EBX. O grupo, que tem negócios em diversas áreas – óleo e gás, energias renováveis e concessão de aeroportos, por exemplo –, já havia entrado no setor de semicondutores ao investir em uma unidade de encapsulamento no interior da Argentina, chamada Unitec Blue, inaugurada em 2013, e pretendia também investir na etapa de *front-end*. Eurnekian pagou apenas R\$ 40 milhões pela fatia de Eike Batista, que já havia aportado cerca de R\$ 80 milhões na empresa. O acordo também previa que a Corporación América aportasse outros R\$ 260 milhões no projeto. Depois dessa negociação, a Six Semicondutores S.A. passou a se chamar Unitec Semicondutores (SOARES, 2014; SOUZA, 2014). O Conselho Administrativo da Unitec é presidido pelo argentino Matias Eurnekian, e a empresa é comandada pelo brasileiro Frederico Blumenschein, que trabalhou com Wolfgang Sauer desde o início da concepção da empresa.

Em relação à estratégia, o foco da Unitec Semicondutores é a criação, o desenvolvimento e a produção de CIs customizados para utilização em aplicações industriais, dispositivos médicos de alta tecnologia, agricultura de precisão, cartões e etiquetas inteligentes. Segundo Rivera e outros (2015, p. 364):

Em linha com os resultados dos estudos, os investidores optaram pelo investimento em uma fábrica de

médio porte (cerca de 340 *wafers* por dia), com tecnologia de processo madura (90 nm e 130 nm, *wafers* de 200 mm, *mixed signal*) em aplicações crescentes, como a da IoT, e inovadora, como em microfluídica, atendendo ao mercado de ciências da vida, como os *lab-on-a-chip* e exames clínicos. O modelo de negócios da Unitec tende a concorrer com empresas como Analog Devices, NXP, Texas Instruments e ST Microelectronics.

A empresa aposta na IoT porque acredita que novas tecnologias apresentam menos barreiras à entrada e que o momento é propício para investir nessas tecnologias. As principais tendências em IoT são rápido desenvolvimento, alta confiabilidade, alta *performance*, baixo custo, pequeno tamanho e baixo consumo de energia (informação verbal).¹⁵⁹

Em junho de 2014, a Unitec adquiriu dois terços dos equipamentos a serem instalados na sua fábrica com a compra de ativos na liquidação judicial da LFoundry, antiga fabricante francesa de *chips*. Esses equipamentos fabricam *chips* com geometria entre 0,15 μm e 90 nm (RITTNER, 2014). O cronograma inicial previa que a construção da fábrica seria concluída no fim de 2014, a sala limpa seria finalizada em março de 2015, e a empresa iniciaria a produção em setembro de 2015 (SERODIO, 2014). Em março de 2015, entretanto, a Unitec adiou a previsão de início da operação comercial da fábrica no Brasil para agosto de 2016. Posteriormente, a previsão foi novamente alterada, e a fábrica deve começar a operar apenas em abril de 2017. Segundo o presidente da empresa, fábricas de semicondutores, por sua complexidade, normalmente demoram para ser construídas. Ele explicou que, no caso

¹⁵⁹ Informação fornecida pela Dra. Edelweis Ritt durante o XI Workshop on Semiconductors and Micro & NanoTechnology – SEMINATEC 2016, realizado em Campinas, em abril de 2016.

da Unitec, a demora foi maior em função das dificuldades financeiras do grupo EBX e da necessidade de buscar um novo sócio (BRUNO, 2015). Ainda que a sala limpa e a instalação dos equipamentos não estejam prontas, os funcionários da empresa já estão trabalhando na unidade em Ribeirão das Neves desde abril de 2015. No início de 2016, a empresa já havia contratado 160 funcionários; quando estiver completamente operacional, o quadro de funcionários deverá chegar a quatrocentas pessoas. Quanto à capacidade instalada, a fábrica terá capacidade de produzir 360 *wafers* por dia, ou seja, aproximadamente 130 mil *wafers* por ano (DRSKA, 2015).

Em 2015, a Unitec anunciou três alterações no plano de negócios. A primeira foi a decisão de migrar do modelo de empresa integrada para o modelo de empresa *fabless with manufacturing capabilities*. Isso permite que a empresa se aproprie de uma parcela maior do mercado, porque ela pode agora olhar para tecnologias que vão além daquelas cuja fabricação foi licenciada. Para tanto, é necessário reforçar a estrutura de *design*. Além disso, o faturamento da empresa não depende mais da conclusão da fábrica e do *ramp-up* do processo de fabricação do *wafer* (Entrevistado J) e não está mais limitado ao faturamento máximo permitido pela capacidade instalada da fábrica, que seria, considerando que o valor médio de venda do *wafer* é US\$ 5 mil, US\$ 650 milhões.

A segunda foi a decisão de investir também na etapa de *back-end* e instalar uma unidade para encapsular *chips* próprios e de terceiros. A unidade de *back-end* começou a operar em abril de 2016 fazendo o encapsulamento de *smartcards*.

A terceira foi a decisão de criar uma subsidiária, a Unitec Soluções, para oferecer soluções completas e integradas, em vez de apenas vender componentes. De acordo com Blumenschein, a Unitec não quer ser apenas um fabricante, “mas sim, um provedor de soluções intensi-

vas em semicondutores” (DRSKA, 2015). Dessa forma, ao oferecer soluções completas, a Unitec está adotando a “abordagem que o mercado está demandando” (Entrevistado C). De acordo com outro entrevistado:

[A empresa] notou que alguns clientes e alguns mercados estavam à procura de soluções completas e que o *chip* era apenas um componente. Era o componente tecnologicamente mais desafiador, mas que não participava da formação do preço e da margem de forma proporcional. Então, para poder atender o cliente de uma forma ampla e, ao mesmo tempo, se apropriar de uma margem de uma forma mais, digamos, justa na forma final da solução que era entrega ao cliente, [a empresa] criou a Unitec Soluções. E a criação da Unitec Soluções pressupõe a incorporação de algumas competências que [a empresa] não tinha antes, como engenharia de *software* e engenharia de sistemas. Então, com isso, hoje, a Unitec Semicondutores e a Unitec Soluções, elas têm uma amplitude de oferta de soluções integradas muito maior. E isso [...] é muito importante. Sobretudo no segmento de ciências da vida, no segmento de cidades inteligentes, onde o *chip* é o início de tudo, mas você tem que trazer uma solução completa (Entrevistado J).

Além disso, de acordo com o Entrevistado J, a criação da Unitec Soluções está alinhada com as tendências presentes no setor no mundo hoje:

[...] a gente está vivendo um momento histórico, de reposicionamento da maioria dos *players* da indústria de semicondutores. E eu acho que o direcionamento é este, é a busca de atender ao mercado de uma forma mais integrada, olhando muito mais para os sistemas como um todo do que para o *chip* isoladamente (Entrevistado J).

Outro entrevistado afirma que as alterações no modelo de negócios são reflexo da consciência que a empresa tem de que, diante da tarefa complexa que é instalar uma fábrica de semicondutores, precisa gerar receita de outras maneiras (Entrevistado C). É nesse contexto que se encaixam as iniciativas descritas. Terceirizar a fabricação dos seus produtos em fábricas parceiras no exterior permitirá entrar no mercado antes de concluir a instalação da fábrica própria e, consequentemente, antecipar a geração de receita. Criar a Unitec Soluções irá facilitar a entrada no mercado. Instalar uma unidade de *back-end* irá também antecipar a geração de receitas, pois o tempo necessário para instalar uma encapsuladora é menor e ela vai se beneficiar da experiência da Unitec Blue na Argentina.

Ainda que a inauguração da fábrica tenha sido adiada para 2017, a Unitec já começou a ter faturamento em maio de 2016. Isso é possível precisamente em função da revisão do modelo de negócios. Em 2016, o faturamento da empresa virá da divisão de *back-end*, que está encapsulando *smartcards*, e da Unitec Soluções, que atuará no segmento de iluminação pública, vendendo produtos e serviços, e na área de microfluídica, com um *lab-on-a-chip*. Os componentes semicondutores serão fabricados no exterior, em empresas parceiras. Em 2017, a empresa espera atingir um nível de faturamento robusto.

Em relação a parcerias no exterior, cabe fazer um esclarecimento. A IBM é sócia da Unitec Semicondutores desde 2012, sem direito a voto. Além disso, a IBM licenciou as tecnologias de fabricação e fez um *joint development agreement* com a Unitec. Quando a IBM vendeu as suas fábricas, o contrato de licenciamento foi transferido para a GlobalFoundries. Assim, a Unitec continua utilizando a *foundry* localizada em Burlington (Essex Junction, Vermont, EUA, tecnologia de 200 mm e até 90 nm) para treinamento e fabricação. O acordo de desen-

volvimento, por outro lado, continua com a IBM, porque esta se desfez apenas das tecnologias de processo e continua desenvolvendo tecnologias de produto. Assim, a IBM segue sendo sócia e parceira tecnológica da Unitec Semicondutores.

Na avaliação de um dos entrevistados, a Unitec também demorou muito tempo entre os primeiros planos em 2004 e o início da operação, que está prevista somente para 2016.

[...] esse tempo grande, esse tempo que se tomou aqui para planejar, executar, colocar em marcha os projetos nessa área com apoio estatal, eles tiveram um ciclo temporal, de 10 anos, que é completamente incompatível, que é muito, muito longo. Porque o mercado nessa área de semicondutores é uma área extremamente dinâmica tecnologicamente, e com condições de mercado extremamente mutantes. [...] Então você veja que, entre a intenção e a concretização do investimento, o ciclo, quando envolve um parceiro estatal, é excessivamente longo. Pelas desconfiças, pelas incertezas, pelas necessidades. É diferente da dinâmica de investimento de uma empresa lá fora (Entrevistado A).

Outro entrevistado, no entanto, apresenta uma avaliação diferente:

[...] enquanto não saiu do papel, é um tempo que eu não vou considerar, porque simplesmente não existia o investimento, não existia a tomada de decisão. Existia a indicação de que a gente só poderia fazer se o *business plan* tivesse mais chance de sucesso pela robustez dos acionistas. Considerando do dia um [2012] até o dia de hoje tem um atraso que [...] é atribuído a essa troca societária, que, por melhor que tenha sido, ela causa um atraso. Teve redução de ritmo da obra, tem questões que são naturais. Feita

essa transição, passado esse momento que já tem um ano ou um pouco mais, a Unitec tem que entregar. E a pressão no conselho, dos acionistas privados e do BNDES, é para que ela performe o *business plan*. No *business plan* da Unitec existe uma perspectiva de sustentabilidade num tempo que é considerado adequado para a entrada no mercado de uma companhia como a Unitec. Certamente não pode ocorrer em dez anos (Entrevistado C).

5.2.3 BrPhotonics

A BrPhotonics foi constituída, inicialmente, como uma *joint venture* entre o CPqD, que controlava 51% do capital da empresa, e a empresa *fabless* americana GigOptix, que controlava os 49% restantes. A BrPhotonics irá produzir componentes fotônicos para sistemas ópticos de alta velocidade em Campinas (SP) utilizando tecnologias desenvolvidas pelo CPqD (fotônica em silício) e pela GigOptix (filme fino de polímero sobre silício). Além das tecnologias de fabricação, a BrPhotonics recebeu também uma linha de produção da GigOptix que estava instalada em Bothell, Washington, EUA, a experiência do CPqD em encapsulamento óptico, recursos do CPqD para projeto e testes e espaço físico dentro da Pólis de Tecnologia do CPqD (CPQD..., 2014a).

Segundo o presidente do CPqD, Sebastião Sahão Junior, a missão da empresa é levar ao mercado o que há de mais avançado em fotônica integrada, uma tecnologia que é estratégica para aplicações que exigem alta velocidade e cuja demanda é crescente, por exemplo, serviços na nuvem, entretenimento *on-demand* e processamento de grandes volumes de dados não estruturados (*big data*). O presidente da BrPhotonics, Júlio César Rodrigues de Oliveira, por sua vez, ressalta a vantagem dos

chips fotônicos produzidos pela empresa: “são componentes de tamanho bastante reduzido em relação aos atualmente disponíveis no mercado, com capacidade para transmitir a mais de 100 Gb/s e com grande redução no consumo de potência” (BRPHOTONICS..., 2015).

De acordo com um dos entrevistados, o surgimento da BrPhotonics é fruto do trabalho realizado no CPqD: “acho que tudo surgiu de um investimento contínuo do governo no CPqD que possibilitou [...] formar essas pessoas e ter a ideia de realizar [o atual projeto]” (Entrevistado I). O centro foi criado em 1976 como Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebras, empresa estatal que detinha o monopólio dos serviços públicos de telecomunicações no Brasil. Em 1998, a Telebras foi privatizada e o CPqD foi transformado em uma fundação privada. Entre as tecnologias desenvolvidas pelo CPqD, estão: centrais digitais, antenas, sistemas de transmissão digital, equipamentos de transmissão óptica, fibra óptica, *laser* semicondutor, centrais de comutação por pacote, telefone público a cartão indutivo e centrais de telex. Os projetos do CPqD contam com o apoio do Funttel, do Ministério das Comunicações e do FNDCT, do MCTI, e com incentivos da Finep, do BNDES, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e da Lei da Informática.

A ideia de investir no segmento de componentes fotônicos nasceu da percepção da equipe de comunicações ópticas do CPqD de que estava havendo uma mudança de paradigma, qual seja, a chegada da microeletrônica para o tratamento de sinais ópticos. Essa equipe identificou que havia uma tendência de aumento do uso de dispositivos integrados em comunicações ópticas e de substituição de lentes e espelhos por guias de onda à base de silício. A equipe percebeu também que havia uma tendência de convergência entre microeletrônica e fotônica integrada, que deverá se concretizar em dez anos, segundo uma esti-

mativa da empresa. A estratégia da BrPhotonics é se preparar para essa convergência produzindo, por um lado, componentes fotônicos (*lasers*, modulares e receptores) e dominando, por outro, o *design* e a fabricação de circuitos analógicos e digitais.

Um dos entrevistados afirmou que o papel do apoio governamental foi fundamental nessa etapa:

[A empresa] não teria condições de ter montado esse time, de ter conseguido os projetos de microeletrônica e de fotônica integrada [sem o] CPqD, que foi fortemente apoiado por instituições como o Ministério das Comunicações, via o Funttel, o Fundo Nacional das Telecomunicações, e via o Funtec, do BNDES, que também apoiou o CPqD em projetos de microeletrônica. Então, esses projetos proporcionaram a base para [se] pensar a BrPhotonics (Entrevistado I).

A criação da empresa foi anunciada em fevereiro de 2014 e as suas instalações industriais foram inauguradas já em agosto de 2015. Essas instalações consistem em uma sala limpa classe cem para a etapa de fabricação (*front-end*) dos componentes fotônicos e uma sala limpa classe 10 mil para o encapsulamento (*back-end*) de componentes fotônicos e de componentes microeletrônicos. Em 2016, a empresa está qualificando seus produtos com os primeiros clientes e melhorando o rendimento da produção local de componentes fotônicos. Em 2017, a empresa iniciará as vendas em escala comercial. Ademais, a BrPhotonics mira, desde o início, o mercado mundial e planeja exportar toda a sua produção (CPQD..., 2014a; BRPHOTONICS..., 2015). Mesmo que as vendas em escala ainda não tenham começado, a empresa teve faturamento ainda em 2015. Esse faturamento foi resultado da prestação de serviços e da venda de amostras.

Do ponto de vista dos componentes fotônicos, a BrPhotonics é uma empresa integrada: ela realizará todas as etapas de fabricação na sua unidade em Campinas.¹⁶⁰ Do ponto de vista dos componentes microeletrônicos, a empresa é *fabless*: ela projeta os CIs e terceiriza a sua fabricação em Taiwan ou Cingapura. Como o número de transistores em *chips* para comunicações ópticas é muito elevado, a empresa precisa utilizar a menor geometria disponível. Atualmente, a BrPhotonics projeta *chips* com a geometria de 16 nm. Nos componentes fotônicos, por outro lado, não é preciso trabalhar com geometrias tão pequenas. Assim, a empresa utiliza tecnologias de fabricação mais maduras e, consequentemente, mais baratas.

Em 2016, a Finep fez um aporte de R\$ 15 milhões na BrPhotonics e se tornou sócia da empresa. Esse investimento será utilizado para finalizar a parte de qualificação dos produtos, adquirir peças sobressalentes para garantir o funcionamento da fábrica e alavancar as vendas internacionais.

De acordo com Rivera e outros (2015, p. 379):

Atuando em área de fronteira tecnológica, os desafios que se apresentam à BrPhotonics são distintos daqueles apresentados à Unitec e ao Ceitec. A empresa é uma *start-up* considerada líder em tecnologia para componentes de fotônica, que tem, entre os principais desafios, atuar em mercado global, de alta complexidade tecnológica e de relativos poucos compradores – equipamentos de telecom. Para manter sua vantagem competitiva em uma área nascente – fotônica em silício –, a empresa deverá trilhar o caminho natural da indústria eletrônica: integração do maior número de dispositivos em um menor número de componen-

¹⁶⁰ A única etapa que não é feita internamente é a síntese do polímero utilizado na fabricação dos componentes fotônicos. Esse polímero ainda é sintetizado nos EUA.

tes, participando do desenvolvimento de tecnologias, processos produtivos e materiais. Fazendo um paralelo com a microeletrônica, o estágio atual da fotônica em silício seria equivalente ao da década de 1970 da microeletrônica, em que os circuitos eram projetados manualmente e o conhecimento dos processos das fábricas tinha que ser continuamente validado anteriormente à produção.

Outro aspecto que diferencia a BrPhotonics da Ceitec S.A. e da Unitec Semicondutores diz respeito ao valor médio dos dispositivos. Enquanto o preço dos componentes microeletrônicos em geral varia de alguns centavos a US\$ 100, o preço dos produtos vendidos pela BrPhotonics é bem mais elevado, em torno de US\$ 1.000. Além disso, a BrPhotonics trabalhará com escalas bem menores, cerca de 5 mil a 10 mil componentes por ano.

5.3 Considerações finais

O número de empresas cresceu muito nos últimos anos, e hoje o ecossistema da indústria de semicondutores no Brasil é bastante completo. As empresas desse ecossistema atuam em todas as etapas da cadeia de valor, adotam diversos modelos de negócios e ofertam produtos variados, de CIs a componentes fotônicos e fotovoltaicos, de produtos “commoditizados”, como memórias, a produtos customizados, como ASICs. Um elo ausente, entretanto, é o de fornecedores de insumos, equipamentos e assistência técnica. Muitas das empresas ainda não estão em fase operacional, e é preciso aguardar para verificar se serão bem-sucedidas.

Além de ter crescido em número, esse ecossistema também evoluiu em maturidade, pois foi criada uma associação setorial espe-

cífica para a indústria de semicondutores. A existência da Abisemi demonstra que as empresas estão se organizando para defender seus interesses de forma coletiva. Ou seja, em um futuro próximo, os próprios empresários vão se tornar os principais interlocutores e defensores do setor, que deixará de depender tanto do trabalho incansável de alguns agentes públicos.

Nesse ecossistema, destacam-se as empresas que pretendem atuar na etapa de fabricação de CIs e de componentes fotônicos: BrPhotonics, Ceitec S.A. e Unitec Semicondutores. Rivera e outros (2015, p. 366) elencam alguns papéis fundamentais desempenhados por essas três empresas no ecossistema brasileiro:

- Protagonismo em novas tecnologias: com “embriões” atuando na fronteira tecnológica em suas áreas, tanto a Unitec, em microfluídica, quando a BrPhotonics, em fotônica, podem alcançar protagonismo mundial e se tornarem empresas nacionais exportadoras de produtos de alta tecnologia.

- Fabricação para empresas de projeto de CI: com tecnologias de fabricação que permitem o compartilhamento do *wafer* por vários projetos, a Unitec poderá estimular o desenvolvimento de CIs e prestar serviços de *design* e fabricação para empresas locais já instaladas no Brasil (Ceitec, HT Micron, Smart Modular e as DHs).

- “Cartão de visitas”: unidades fabris são importantes para caracterizar que o país está de fato estrategicamente comprometido com o setor.

- Custo do pioneirismo: Ceitec e Unitec estão enfrentando todas as dificuldades de desenvolvimento inicial de cadeia de suprimentos, aperfeiçoamento do

arcabouço legal, sensibilização de órgãos fiscalizadores, formação de mão de obra, repatriação de talentos, criação de uma reputação positiva, que gerarão benefícios para os demais investimentos produtivos.

– *Know-how* e mão de obra: o Ceitec foi um dos primeiros formadores de mão de obra para o ecossistema e de conhecimento sobre os problemas da micro-fabricação (manuseio de gases especiais, logística etc.). Uma das DHs privadas mais promissoras, a Chipus, foi fundada por um ex-colaborador do Ceitec.

– Mobilização da academia e sociedade: o Ceitec ajudou a pavimentar o caminho para operações da HT Micron com universidades, órgãos de fiscalização, federação das indústrias etc.

Um elemento comum a essas três empresas é a participação direta do Estado. Isso evidencia que os demais incentivos, apesar de necessários, não são suficientes para atrair investimentos na etapa de *front-end*. Ao contrário, essa etapa requer compromisso e envolvimento por parte do Estado. Esse compromisso pode se manifestar de diversas formas. A Ceitec S.A. nasceu como associação civil e foi transformada em empresa estatal. A Unitec Semicondutores tem como sócio a BNDESPar. A BrPhotonics, por fim, nasceu como *spin-off* de um centro de pesquisa privado que recebia importantes e constantes recursos federais e hoje conta com a Finep como sócia.

A forma diferente de manifestação da participação do Estado tem uma importante consequência: o fato de a Ceitec S.A. ser uma empresa pública afeta profundamente o seu funcionamento, enquanto na BrPhotonics e na Unitec a participação direta do Estado não altera a sua condição de empresa privada. Ou seja, a Ceitec S.A. enfrenta de-

safios adicionais, principalmente no que diz respeito aos processos de aquisição de bens e serviços e contratação de pessoas. A Ceitec S.A. também enfrentou desafios relevantes por ter sido pioneira na instalação de infraestrutura para fabricação de CIs. Ela aprendeu o caminho sozinha, e hoje passa para as demais empresas do setor as lições que aprendeu.

Mesmo assim, é fundamental reconhecer que, apesar das constantes críticas que a Ceitec S.A. recebe, ela é a única empresa desse grupo que já mostra resultados concretos. O faturamento da Ceitec S.A. é crescente, e a empresa tem um portfólio expressivo de produtos, que vão desde *chips* de grande volume, como o *chip* para aplicações logísticas, até produtos customizados, como o *chip* produzido em parceria com a Novus, além de produtos estratégicos, como o *chip* do passaporte.

A trajetória das três *foundries* brasileiras demonstra certo descolamento em relação à política de incentivo à indústria de semicondutores, na medida em que nenhuma delas parece ser resultado direto dessa política. A Ceitec S.A. surgiu a partir da doação dos equipamentos pela Motorola e do interesse do Governo do Estado do Rio Grande do Sul em receber essa linha de fabricação e montar um centro de prototipagem, o que demonstra enorme senso de oportunidade por parte das pessoas envolvidas nessa decisão. Posteriormente, o empreendimento foi transformado em empresa pública federal porque o governo entendia que essa era a melhor maneira para viabilizar o empreendimento.

Assim, o fator decisivo no caso da Ceitec S.A. foi a decisão dos governos (do Estado do Rio Grande do Sul e Federal) de apoiar a criação desse centro. É claro que essa decisão, em especial a do Governo Federal, está intimamente relacionada com a política de incentivo e com a visão que se formava no governo de que essa era uma oportuni-

dade para fortalecer o ecossistema que a política estava tentando criar. No entanto, a Ceitec S.A. não é produto direto dos instrumentos da política de incentivo à indústria de semicondutores, e a sua história parece ter corrido em paralelo a essa política.

A Unitec Semicondutores surgiu da iniciativa de um empresário brasileiro que viu na indústria de semicondutores uma oportunidade interessante de investimento. O fato de esse empresário ter encontrado apoio no governo, porém, foi fundamental para que o empreendimento se tornasse realidade. A mais importante manifestação concreta desse apoio foi justamente a participação do BNDES como sócio e financiador, ainda que a política de incentivo, especialmente a existência de um incentivo fiscal agressivo, também tenha contribuído enormemente. E, assim como no caso da Ceitec S.A., a decisão do BNDES de apoiar a Unitec também está relacionada com a visão comum que havia no governo, especialmente porque esse investimento era compatível com o que o estudo do BNDES de 2003 havia identificado como ideal para o caso brasileiro, ainda que esse estudo privilegiasse investimentos estrangeiros.

O caso da BrPhotonics, por fim, é um pouco diferente, mas também demonstra algum descolamento. A empresa é resultado do esforço contínuo de P&D do CPqD e, portanto, resultado dos recursos financeiros que o governo aportou durante muitos anos. Isso possibilitou que a equipe do CPqD identificasse uma oportunidade de investimento. A decisão propriamente dita de investir, por sua vez, depende de muitos fatores e, com certeza, a existência de uma política de incentivo influenciou essa decisão. No entanto, o ganho efetivo que a política trará para a empresa ainda é incerto, uma vez que a empresa pretende direcionar toda a sua produção ao mercado externo e o Padis não prevê nenhum incentivo à exportação.

Isso de forma alguma retira o mérito da política de incentivo à indústria de semicondutores, que foi muito exitosa em promover a expansão do ecossistema brasileiro. As DHs e as empresas de *back-end*, por exemplo, parecem ser produto direto dos instrumentos criados pela política de incentivo, notadamente o Programa CI-Brasil, o Padis e os PPBs.¹⁶¹ Esse descolamento das três iniciativas em relação à política apenas reforça a ideia de que a etapa de *front-end* exige maior comprometimento por parte do governo para ser viabilizada.

Por fim, cabe reproduzir o alerta de Rivera e outros (2015, p. 392):

O complexo eletrônico no país está em uma encruzilhada. Ou aproveitará bem os embriões existentes e as oportunidades que surgem, construindo as bases de uma indústria brasileira intensiva em eletrônica e valor agregado, ou mais uma geração de empresários, pesquisadores, servidores públicos serão protagonistas ou espectadores de um novo “voo de galinha” do setor de semicondutores. Mais do que isso, o eventual fracasso dessa construção resultará, mais cedo ou mais tarde, no enfraquecimento de diversas cadeias produtivas locais, como em equipamentos médicos, autopeças e bens de capital.

¹⁶¹ O surgimento de diversas iniciativas no setor fotovoltaico, por outro lado, parece estar relacionado a outros fatores, uma vez que o Padis ainda precisa ser adaptado para atender ao setor solar. É necessário, dessa forma, analisar com mais detalhe esse setor, o que foge do escopo deste trabalho.

6. Conclusões

O ecossistema brasileiro da indústria de semicondutores cresceu e se diversificou desde o início dos anos 2000. Hoje são mais de quarenta empresas e instituições atuando em todas as etapas da cadeia de valor e ofertando componentes semicondutores nos mais variados segmentos e para diversas aplicações, desde memórias para aplicações tradicionais na indústria eletrônica até soluções inovadoras para aplicações emergentes em sistemas urbanos e ciências da vida. O surgimento de muitas dessas empresas, se não da maioria delas, é resultado das políticas públicas implementadas desde os anos 2000, principalmente o Programa CI-Brasil, o Padis e o PPB.

Ainda que isso não seja o bastante para o país figurar entre os principais *players* da indústria mundial, as políticas públicas implementadas obtiveram resultados importantes. No entanto, o pleno desenvolvimento do setor depende da continuidade, do aprofundamento e da permanente revisão dos esforços existentes, que, apesar de muito importantes, ainda são insuficientes. Além disso, é imprescindível que o governo não abdique do seu papel central nesse processo:

Como em todos os países que entraram nessa indústria, o governo tem e terá papel central. Deve atuar para remover as lacunas estruturais apontadas [...], desenvolver mercados, financiar a formação de recursos humanos, criar infraestrutura de P&D e oferecer alternativas de financiamento muito competitivas (RIVERA *et al.*, 2015, p. 392-393).

Mais ainda: “não é coincidência que países populosos com pretensões industriais dispensem esforços tão significativos para realizar o *catching up* na micro e nanotecnologia” (RIVERA *et al.*, 2015, p. 346).

Este trabalho fez uma análise da política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil e um mapeamento do setor. Para tanto, além da revisão da literatura, realizaram-se também coleta de dados em associações setoriais, exame de documentos oficiais e pesquisa de campo, por meio de questionários e entrevistas. Ademais, esta dissertação buscou não só examinar aspectos econômicos e políticos, como também fornecer informações técnicas sobre a indústria de semicondutores, de forma a permitir um melhor entendimento do objeto de análise. Cabe ressaltar, entretanto, que a principal contribuição pertence ao campo da economia política do desenvolvimento, pois este trabalho almeja subsidiar as discussões futuras de política industrial e estratégia de desenvolvimento no Brasil, com base na análise do caso da indústria de semicondutores.

A discussão acerca da política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil enseja algumas reflexões. Um primeiro ponto a ser ressaltado diz respeito ao processo de construção da política de incentivo. É possível perceber que todas as iniciativas foram capitaneadas pela burocracia intermediária e estável do Governo Federal, tenham elas surgido de demandas da academia e, em menor proporção, do setor privado, ou de diagnósticos e estudos realizados pela própria burocracia intermediária. Mais ainda, foi essa burocracia que carregou a bandeira do setor durante todos esses anos e agiu a seu favor, desenhando instrumentos de incentivo e articulando a sua concretização. E foi o trabalho dessa burocracia intermediária que levou ao reconhecimento da importância do setor pelo alto escalão do governo.

Outro ponto importante é que houve um processo de aprendizagem por parte da burocracia na condução da política ao longo dos anos. Houve avaliação crítica dos instrumentos de incentivo e dos resultados alcançados, e foram feitas propostas de correção de rumo. Um

exemplo é o Programa CI-Brasil, que está sendo reavaliado atualmente. Considera-se que as empresas brasileiras já dispõem de capacitação técnica suficiente e, portanto, o programa deve focar em desenvolver competências mercadológicas. Cogita-se também fazer uma alteração mais radical: deixar de fomentar a atividade de projeto de CIs e passar a fomentar a atividade de projeto de produtos e sistemas que utilizem CIs. Outro exemplo de aprendizagem é o Padis, que foi sendo aprimorado na passagem dos anos, especialmente em seus aspectos mais técnicos e operacionais. Mais uma manifestação da aprendizagem são os diversos estudos contratados, em especial o estudo do BNDES de 2003. Os agentes públicos admitiram claramente que precisavam aprofundar seu conhecimento sobre o setor, a fim de propor e desenhar instrumentos de incentivo, e contrataram estudos no Brasil e no exterior.

Cabe mencionar também o papel do apoio político. Os entrevistados relataram que o apoio da Presidência da República foi crucial para a materialização do Padis. Eles indicaram também que as alterações que estavam sendo discutidas nos últimos anos não foram adiante justamente porque esse apoio não existe mais. A Presidenta Dilma Rousseff chegou a vetar uma alteração que havia passado pelo Congresso Nacional em nome (na prática, não no discurso) do ajuste fiscal. Assim, o fato de não ser o Estado, mas parte da burocracia, que trabalha incentivando a indústria de semicondutores faz, por vezes, faltar apoio institucional para demandas que exigem recursos financeiros e políticos mais vultosos.

É interessante perceber quando esse apoio se iniciou. A política de incentivo à indústria de semicondutores começou a ser discutida no início dos anos 2000. Ou seja, ainda no segundo governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso, a burocracia encontrou espaço para propor um amplo plano de apoio ao setor, o PNM, e contratar um importan-

te estudo, o estudo do BNDES, concluído em 2003, ainda que a maioria das medidas propostas só tenham sido implementadas anos depois. A mudança do governo em 2003, depois da eleição do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, e a inclusão da indústria de semicondutores como setor estratégico na Pitce, dessa forma, não representaram uma ruptura, mas sim um movimento de continuidade e fortalecimento do trabalho que já vinha sendo realizado. O auge do apoio político, entretanto, foi 2007-2008. Nesse período, duas ações fundamentais foram implementadas: a aprovação do Padis em 2007 e a criação da empresa estatal Ceitec S.A. em 2008. O auge do apoio à indústria de semicondutores coincidiu com o período em que o Governo Federal adotou uma política desenvolvimentista mais explícita e menos envergonhada, tendo lançado diversas políticas de incentivo, entre as quais o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

A questão do apoio político, no entanto, é complexa. A discussão sobre política industrial na prática precisa reconhecer que existem momentos distintos na condução dessas políticas. Deve-se separar os momentos em que se decide formular ou implementar políticas dos momentos em que essa política é executada. Os momentos em que ocorrem as decisões exigem comprometimento do alto escalão do governo, enquanto os momentos de operacionalização cotidiana dos instrumentos não exigem. Todavia, é preciso considerar também que as políticas precisam ser aperfeiçoadas e revistas ao longo do tempo, e isso pode exigir novamente a participação do alto escalão do governo. No caso da indústria de semicondutores, parece ser este o caso: a política precisa ser atualizada e não encontra o apoio necessário. Além disso, a ambição de desenvolver a indústria de semicondutores envolve, necessariamente, um horizonte de planejamento longo. Para que haja continuidade na política, o setor precisa ser continuamente considerado estratégico e prioritário.

Outra questão relacionada ao apoio político é a sua forma de manifestação. Uma forma é o discurso, na qual as mudanças são sutis. Na Pitce, a indústria de semicondutores era considerada um dos setores-chave e uma tecnologia transversal a diversos setores produtivos. Na PDP e no PBM, a indústria de semicondutores era apenas mais um setor estratégico e um setor produtivo como qualquer outro. Outras formas de manifestação são mais concretas. O veto à última atualização do Padis, por exemplo, explicita a baixa prioridade da indústria de semicondutores no governo atual.

Outro ponto de reflexão a ser resgatado é a experiência de inserção de outros países nesse setor. Dos países analisados neste trabalho, todos ambicionavam não apenas entrar na indústria de semicondutores, mas também se tornarem líderes em determinado segmento. Para tanto, esses países identificaram tecnologias promissoras e traçaram planos abrangentes e audaciosos. Isso não se verifica no Brasil. Além disso, não é possível fazer uma política ambiciosa sem o apoio do alto escalão do governo.

Outra consideração diz respeito às empresas que contam com a participação do Estado. Na medida em que investimentos em outras áreas desse setor se multiplicam e que apenas empresas com participação do Estado se aventuram na etapa de *front-end* de componentes relativamente mais complexos, conclui-se que o pacote de incentivos deve necessariamente ser complementado por uma ação mais enfática e compromissada do Estado para que o ecossistema se desenvolva plenamente. Essa ação, no entanto, pode se manifestar de mais de uma forma e pode impactar profundamente a gestão do empreendimento, como foi discutido no Capítulo 5.

Além disso, cabe mencionar que os principais desafios enfrentados pelas empresas da indústria de semicondutores no Brasil estão

associados ao próprio ambiente empresarial brasileiro. São desafios relacionados ao excesso de burocracia para solicitar incentivos, à falta de agilidade nas operações de comércio exterior, à falta de empresários interessados e à instabilidade macroeconômica. Há também desafios que dizem respeito ao fato de que este é um setor novo no país. Nesse sentido, faltam fornecedores de insumos e de equipamentos, e o arcabouço institucional ainda precisa ser aprimorado. Isso corresponde ao que muitos chamam de custo do pioneirismo.

Também é pertinente traçar alguns paralelos entre a política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil e a literatura analisada no Capítulo 2. Em primeiro lugar, a burocracia que conduz a política de incentivo é qualificada, motivada e visionária e partilha entre si uma determinada visão de mundo, apesar de estar espalhada por diferentes órgãos governamentais, com diferentes missões. Essa burocracia brasileira que está envolvida com a questão da indústria de semicondutores se assemelha à burocracia descrita por Block (2008) – descentralizada, com alto nível de conhecimento técnico e conectada à comunidade acadêmica e empresarial – e por Mazzucato (2014) – ousada, corajosa e empreendedora. Além disso, atua em conjunto, independentemente de haver grupos formais de trabalho, e desenvolveu uma relação de cooperação, parceria e respeito mútuo com os empresários do setor.

Em segundo lugar, há semelhanças entre a política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil e o Estado desenvolvimentista de Evans (2004). Uma primeira semelhança é que o Estado brasileiro está trabalhando em parceria com a sociedade, moldando o surgimento de novos grupos, no caso, uma nova atividade na indústria nacional. Contudo, o Estado não parece conseguir se manter isolado dos grupos que têm interesses contrários. Um sintoma disso é a inclusão de cada vez mais setores nas políticas industriais. Um segundo paralelo é que o

Estado está assumindo, na política para a indústria de semicondutores, os quatro papéis descritos pelo autor. Foi custódio ao regular os PPBs e incentivar o uso de componentes locais. Foi demiurgo ao se envolver diretamente na atividade produtiva. Foi parteiro ao incentivar o surgimento de empresas privadas no setor por meio do CI-Brasil e do Padis. Foi pastor ao apoiar continuamente as empresas e ouvir suas demandas e ao adaptar seus incentivos às mudanças em curso.

Em relação às contribuições de Mazzucato (2014), a implantação de uma indústria de semicondutores no Brasil se encaixa na definição da autora de área de risco, pois apresenta grande investimento financeiro, alto nível tecnológico e grande risco mercadológico. Isso é válido mesmo considerando que as atividades realizadas e em implantação no país não representam inovações do ponto de vista da indústria mundial e do estado da arte da tecnologia. Mas, implantar essas atividades no Brasil pode ser considerado uma inovação, e isso exige a presença de um Estado empreendedor. A constatação de Bielschowsky, Squeff e Vasconcelos (2014) de que predominam no Brasil investimentos em modernização, e não investimentos em ampliação e em diversificação, torna ainda mais importante o apoio do Estado ao surgimento de um setor produtivo novo. É preciso, porém, reconhecer também que alguns empresários responderam aos estímulos e incentivos e demonstraram grande espírito empreendedor.

Outra contribuição de Mazzucato (2014) é a de que o Estado empreendedor deve atuar do lado tanto da oferta quanto da demanda. Talvez esse seja um ponto que mereça mais atenção no Brasil, pois parecem faltar incentivos de demanda. O Estado precisa atuar mais na criação de mercados, via regulação e poder de compra governamental. Precisa também incentivar a exportação, pois ela demonstrará o sucesso dos empreendimentos brasileiros, em competitividade e susten-

tabilidade. Tendo em vista que as condições de competição existentes na indústria mundial de semicondutores configuram um ambiente desafiador para novos entrantes, o papel de criação de mercados é ainda mais importante, pois é necessário criar mercados que ainda não têm dono e encontrar nichos nos quais as empresas brasileiras têm mais chance de sucesso.

No que se refere à discussão de Baptista (2000) sobre política industrial, percebe-se que a política de incentivo à indústria de semicondutores contém alguns dos elementos destacados pela autora: há incentivo à formação de redes de cooperação e há fortalecimento dos elos mais fracos e criação dos elos inexistentes (até mesmo com participação estatal direta). Ademais, de acordo com o arcabouço proposto pela autora, essa política justifica-se porque a indústria de semicondutores constituía uma importante lacuna nas redes de aprendizado, comprometendo as condições de rentabilidade e inovatividade dos segmentos relacionados.

De forma geral, ainda que a política de incentivo à indústria de semicondutores no Brasil tenha sido exitosa e tenha propiciado o nascimento de um ecossistema relevante, é preciso avançar mais. Como foi enfatizado em diversos pontos deste trabalho e devidamente embasado pela literatura analisada, pelos dados coletados e pelas entrevistas realizadas, faz-se necessário coordenar os instrumentos, incentivar a demanda, internalizar a etapa de engenharia de produto e mobilizar o poder regulatório e o poder de compra do governo. É imprescindível, além de ampliar e consolidar os esforços, garantir que a indústria de semicondutores receba o tratamento prioritário que merece. E é preciso agir de imediato. Não é prudente esperar que a conjuntura melhore para então implementar as modificações necessárias. Ao contrário, deve-se implementá-las agora, para colher os frutos quando a conjuntura melhorar.

Publicações

FILIPPIN, F. Políticas para a indústria de componentes semicondutores no Brasil. Trabalho apresentado à REUNIÃO IBERO-AMERICANA DE SOCIOECONOMIA, II, 2015, Porto Alegre.

FILIPPIN, F.; BIANCARELLI, A. M. Uma contribuição ao debate sobre desenvolvimentismo: o Estado e seu papel industrializante. Trabalho apresentado ao ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, XXI, 2016, São Bernardo do Campo.

FILIPPIN, F.; GONÇALVES, R. C. A indústria petroquímica básica brasileira: processo histórico de formação e movimento recente de concentração. Trabalho apresentado ao ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, XX, 2015, Foz do Iguaçu.

Referências

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Avaliação das estratégias de negócios das empresas de projeto de circuitos integrados do Programa CI-Brasil*. Brasília, 2014.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *As design houses brasileiras: relatório analítico*. Brasília, 2011.

ABINEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. *Panorama Econômico e Desempenho Setorial*. [S.l.], 2016. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon40.htm>. Acesso em: 22 abr. 2016.

BAMPI, S. (ed.). *Perspectivas do investimento em eletrônica*. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”, em parceria com o Instituto de Economia da Unicamp, financiada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/pib/pib_eletronica.pdf. Acesso em: 9 jan. 2015.

BAPTISTA, M. A. C. *Política industrial: uma interpretação heterodoxa*. Campinas: Unicamp, Instituto de Economia, 2000.

BASTOS, P. P. Z. A economia política do novo-desenvolvimentismo e do socialdesenvolvimentismo. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 21, n. especial, p. 779-810, dez. 2012.

BAUER, H.; BURGHARDT, S.; TANDON, S.; THALMAYR, F. Memory: are challenges ahead? [S.l.], *McKinsey on Semiconductors*, n. 5, p. 28-37, 2015.

BAUER, H.; VEIRA, J.; WEIG, F. Moore's law: repeal or renewal? [S.l.], *McKinsey on Semiconductors*, n. 3, p. 4-15, 2013.

BH terá tecnologia solar de R\$ 100 milhões. *Estado de Minas*, [S.l.], nov. 2015. Disponível em: http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2015/11/11/internas_economia,706635/bh-tera-tecnologia-solar-de-r-100-milhoes.shtml. Acesso em: 14 jan. 2016.

BIANCARELLI, A. M. Economia, sociedade e desenvolvimento, 20 anos: notas de apresentação. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 21, n. especial, p. 723-728, dez. 2012.

BIELSCHOWSKY, R. Estratégia de desenvolvimento e as três frentes de expansão no Brasil: um desenho conceitual. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 21, n. especial, p. 729-747, dez. 2012.

BIELSCHOWSKY, R.; SQUEFF, G. C.; VASCONCELOS, L. F. Evolução dos investimentos nas três frentes de expansão da economia brasileira na década de 2000. In: CALIXTRE, A. B.; BIANCARELLI, A. M.; CINTRA, M. A. M. (ed.). *Presente e futuro do desenvolvimento brasileiro*. Brasília: Ipea, 2014. p. 135-194.

BLOCK, F. Swimming against the current: the rise of a hidden Developmental State in the United States. *Politics and Society*, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 169-206, jun. 2008.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Relatório do estudo sobre a atração de investimentos em fábrica de semicondutores*. Rio de Janeiro, 2003.

BOUÇAS, C. Morpho inicia processamento de chip em Taubaté. *Valor Econômico*, [S.l.], dez. 2011. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/1129698/morpho-iniciaprocessamento-de-chip-em-taubate>. Acesso em: 29 jun. 2016.

BRASIL. *Brasil Maior: inovar para competir, competir para crescer – Plano 2011-2014*. [Brasília, DF], 2011a. Disponível em: http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/wp-content/uploads/cartilha_brasilmaior.pdf. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL cria chip mais avançado já produzido na América Latina. *Terra*, [S.l.], out. 2012a. Disponível em: <http://tecnologia.terra.com.br/eletronicos/brasil-cria-chip-mais-avancado-ja-produzido-na-america-latina,9918b52f4740b310VgnCLD200000bbcecb0aRCRD.html>. Acesso em: 28 mai. 2016.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 719/2015*. Altera a Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007, que dispõe sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV Digital e de componentes eletrônicos semicondutores e sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados, instituindo o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores – Padis e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Equipamentos para a TV Digital – PATVD [...]. [Brasília, DF], 2015a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=996862>. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. *Decreto nº 6.233, de 11 de outubro de 2007*. Estabelece critérios para efeito de habilitação ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores –

Padis, que concede isenção do imposto de renda e reduz a zero as alíquotas da Contribuição para PIS/Pasep, da Confins e do IPI [...]. [Brasília, DF], 2007a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Decreto/D6233.htm. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. *Decreto nº 6.638, de 7 de novembro de 2008*. Cria a empresa pública Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A. – Ceitec, aprova seu estatuto e dá outras providências. [Brasília, DF], 2008a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6638.htm. Acesso em: 26 jan. 2015.

BRASIL. *Decreto nº 7.600, de 7 de novembro de 2011*. Altera o Decreto nº 6233, de 11 de outubro de 2007, que estabelece critérios para efeito de habilitação ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores – Padis [...]. [Brasília, DF], 2011b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7600.htm. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. *Decreto nº 7.913, de 7 de fevereiro de 2013*. Altera o Anexo III ao Decreto nº 6.233, de 11 de outubro de 2007, que estabelece critérios para efeito de habilitação ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores – Padis, que concede isenção do imposto de renda e reduz a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep, da Cofins e do IPI. [Brasília, DF], 2013a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7913.htm. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. *Decreto nº 8.247, de 23 de maio de 2014*. Altera o Decreto nº 6.233, de 11 de outubro de 2007, que estabelece critérios para efeito de habilitação ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento

Tecnológico da Indústria de Semicondutores – Padis. [Brasília, DF], 2014a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8247.htm. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. *Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior*. [S.l.], 2003. Disponível em: <http://www.anped11.uerj.br/diretrizes.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL instala primeira fábrica de painéis solares. *Portal Brasil*, [S.l.], mai. 2015b. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/05/brasil-instala-primeirafabrica-de-paineis-solares>. Acesso em: 14 jan. 2016.

BRASIL. *Lei nº 7.232, de 29 de outubro de 1984*. Dispõe sobre a Política Nacional de Informática, e dá outras providências. [Brasília, DF], 1984. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7232.htm. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. *Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991*. Dá nova redação ao § 1º do art. 3º aos arts. 7º e 9º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, ao caput do art. 37 do Decreto-Lei nº 1.455, de 7 de abril de 1976 e ao art. 10 da Lei nº 2.145, de 29 de dezembro de 1953, e dá outras providências. [Brasília, DF], 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8387.htm. Acesso em: 5 mai. 2016.

BRASIL. *Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007*. Dispõe sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV Digital e de componentes eletrônicos semicondutores e sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados, instituindo o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores – Padis e o Programa de Apoio ao

Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Equipamentos para a TV Digital – PATVD. [Brasília, DF], 2007b. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/Leis/2007/lei11484.htm>. Acesso em: 28 jan. 2015.

BRASIL. *Lei nº 11.759, de 31 de julho de 2008*. Autoriza a criação da empresa pública Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A. – Ceitec e dá outras providências. [Brasília, DF], 2008b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11759.htm. Acesso em: 26 jan. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior e o Setor de Semicondutores*. [Brasília, DF], 2004.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Portaria MCTI nº 697, de 17 de julho de 2013*. Aprova as instruções para a elaboração dos relatórios demonstrativos de que trata o art. 9º do Decreto nº 6.233, de 11 de outubro de 2007, referente ao ano-base de 2012 e demais anos-base subsequentes [...]. [Brasília, DF], 2013b. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=22/07/2013&jornal=1&pagina=2&totalArquivos=204>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Portaria MCTI nº 950, de 12 de dezembro de 2006*. Caracteriza bens ou produtos com tecnologia desenvolvida no país [...]. [Brasília, DF], 2006. Disponível em: http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/portarias/p07_06.htm. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Portaria MCTI nº 1.309, de 19 de dezembro de 2013*. Dispõe sobre

atos a serem prestados ao MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, para comprovação de que o componente eletrônico semicondutor foi desenvolvido no país [...]. [Brasília, DF], 2013c. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/legislacao/64088/portaria-mcti-1309-2013/>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Programa CI-Brasil: estratégias de fomento à criação e implantação de empresas de projeto de circuitos integrados – design houses (DHs)*. Termo de referência. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8078.pdf. Acesso em: 1º mai. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Programa Nacional de Microeletrônica – acadêmico: plano de formação de recursos humanos em microeletrônica*. Brasília, DF, 2002a.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria Executiva. Secretaria de Política de Informática. *Programa Nacional de Microeletrônica: contribuições para a formulação de um Plano Estruturado de Ações*. Brasília, DF, 2002b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2378.pdf. Acesso em: 20 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Programa Nacional de Microeletrônica – design: atração, fixação e crescimento de empresas de projeto de componentes microeletrônicos no Brasil*. Brasília, DF, 2001. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0000/475.pdf. Acesso em: 6 nov. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício*

2007 MCTI/SEPIN. [Brasília, DF], 2008c. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213464.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2008 MCTI/SEPIN*. [Brasília, DF], 2009. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0203/203454.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2009 MCTI/SEPIN*. Brasília, DF, 2010. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214467.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2010 MCTI/SEPIN*. Brasília, DF, 2011c. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0221/221327.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2011 MCTI/SEPIN*. Brasília, DF, 2012b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0229/229110.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2012 MCTI/SEPIN*. Brasília, DF, 2013d. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0229/229128.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2013 MCTI/SEPIN*. Brasília, DF, 2014b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0236/236120.pdf. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2014 MCTI/SEPIN*. Brasília, DF, 2015c. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0239/239173.pdf. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Secretaria de Política de Informática. *Relatório de gestão do exercício 2015 MCTI/SEPIN*. [Brasília, DF], 2016. Disponível em: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/365056/Relatorio_de_Gestao_2015.html. Acesso em: 23 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic). *Portaria Interministerial MCT/MDIC nº 290, de 7 de maio de 2008*. Aprova as instruções para apresentação dos projetos a que se refere o § 4º do art. 6º do Decreto nº 6.233, de 2007, para fins de concessão dos incentivos fiscais do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis), descritos nos arts. 2º a 4º do referido Decreto. [Brasília, DF], 2008d. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/70504.html>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic). *Portaria Interministerial MCTI/MDIC nº 1.045, de 2 de outubro de 2014*. Estabelece etapas de produção que caracterizam, para as células solares montadas em módulos ou painéis, as atividades de ‘corte, encapsulamento e teste’ [...]. [Brasília, DF], 2014c. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/360230.html#ancora>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic). *Relatório GTI-PADIS dos incentivos do programa PADIS 2007-2009*. Brasília, DF, 2014d. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0231/231932.pdf. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic). *Relatório GTI-PADIS dos incentivos do programa PADIS 2010-2012*. Brasília, DF, 2014e. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0231/231933.pdf. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic); Ministério da Fazenda. *Portaria Interministerial MCT/MDIC/MF nº 297, de 13 de maio de 2008*. Estabelece os procedimentos e prazo para análise dos projetos de que trata o art. 7º [...]. [Brasília, DF], 2008e. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/71837.html>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa*. Brasília, DF, 2012c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Mdic). Secretaria do Desenvolvimento da Produção. Departamento de Setores Intensivos em Capital e Tecnologia. *Fórum de competitividade da cadeia produtiva do complexo eletrônico: recomendações para a produtividade – Agenda de propostas*. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/desproducao/forcompetitividade/docinstalacao/cadprocompeletronico/agPropEletro.PDF>. Acesso em: 13 mai. 2016.

BRASIL. *Política de desenvolvimento produtivo: inovar e investir para sustentar o crescimento*. [Brasília, DF], 2008f. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/pdp/arquivos/destswf1212175349.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Presidência da República. *Mensagem nº 307, de 10 de agosto de 2015*. [Brasília, DF], 2015d. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Msg/VEP-307.htm. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRASIL. Senado Federal. *Projeto de lei nº 21, de 2015*. Altera a Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007, que dispõe sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV Digital e de componentes eletrônicos semicondutores e sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados [...]. [Brasília, DF], 2015e. Disponível em: http://www.senado.gov.br/atividade/materia/detalhes.asp?p_cod_mate=120491. Acesso em: 17 ago. 2015.

BRESSER-PEREIRA, L. C. *A construção política do Brasil*. São Paulo: Editora 34, 2014.

BRESSER-PEREIRA, L. C.; THEUER, D. Um Estado novo-desenvolvimentista na América Latina? *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 21, n. especial, p. 811-829, dez. 2012.

BRPHOTONICS inaugura instalações industriais. *CPqD Releases*, [S.l.], ago. 2015. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/releases/brphotonics-inaugura-instalacoes-industriais/>. Acesso em: 10 jan. 2016.

BRUNO, L. Unitec Semicondutores prevê iniciar produção em MG até agosto de 2016. *Reuters Brasil*, [S.l.], mar. 2015.

Disponível em: <http://br.reuters.com/article/internetNews/idBRKBN0MK2OJ20150324>. Acesso em: 28 out. 2015.

BUENO, S. R. Chip local reduz custo da cadeia do frio. *Valor Econômico*, [S.l.], out. 2015. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/4266690/chip-local-reduz-custoda-cadeia-do-frio>. Acesso em: 30 jun. 2016

BURLAMAQUI, L. Finance, development and the chinese entrepreneurial state: a Schumpeter-Keynes-Minsky approach. *Brazilian Journal of Political Economy*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 728-744, out.-dez. 2015.

CALCAGNO, A. Rethinking development strategies after the Global Financial Crisis. In: CALCAGNO, A.; DULLIEN, S.; MÁRQUEZ-VELÁRQUEZ, A.; MAYSTRE, N.; PRIEWE, J. (ed.). *Rethinking development strategies after the financial crisis*. v. I: Making the case for policy space. New York; Geneva: United Nations, 2015, p. 9-25.

CALCAGNO, A.; DULLIEN, S.; MÁRQUEZ-VELÁRQUEZ, A.; MAYSTRE, N.; PRIEWE, J. Introduction. In: CALCAGNO, A.; DULLIEN, S.; MÁRQUEZ-VELÁRQUEZ, A.; MAYSTRE, N.; PRIEWE, J. (ed.). *Rethinking development strategies after the financial crisis*. v. I: Making the case for policy space. New York; Geneva: United Nations, 2015a, p. 1-7.

CALCAGNO, A.; DULLIEN, S.; MÁRQUEZ-VELÁRQUEZ, A.; MAYSTRE, N.; PRIEWE, J. (ed.). *Rethinking development strategies after the financial crisis*. v. I: Making the case for policy space. New York; Geneva: United Nations, 2015b.

CALCAGNO, A.; DULLIEN, S.; MÁRQUEZ-VELÁRQUEZ, A.; MAYSTRE, N.; PRIEWE, J. (ed.). *Rethinking development strategies after the financial crisis*. v. II: Country studies and international comparisons. New York; Geneva: United Nations, 2016.

CARDOSO JR., J. C. Planejamento, democracia e desenvolvimento no Brasil: perspectivas à luz das capacidades estatais e instrumentos governamentais. In: CALIXTRE, A. B.; BIANCARELLI, A. M.; CINTRA, M. A. M. (ed.). *Presente e futuro do desenvolvimento brasileiro*. Brasília: Ipea, 2014. p. 79-114.

CARNEIRO, R. M. Velhos e novos desenvolvimentismos. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 21, n. especial, p. 749-778, dez. 2012.

CEITEC bate meta de 2013 já no 1º semestre de 2014. *CEITEC NEWS – Informativo interno da CEITEC S.A.*, Porto Alegre, v. 2, n. 17, p. 3, set. 2014.

CEITEC S.A. – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA AVANÇADA. *Prestação de Contas Ordinária Anual: relatório da gestão do exercício de 2014*. Porto Alegre, 2015a.

CEITEC S.A. – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA AVANÇADA. *Relatório anual 2012*. Porto Alegre, 2013.

CEITEC S.A. – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA AVANÇADA. *Relatório anual 2013*. Porto Alegre, 2014.

CEITEC S.A. – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA AVANÇADA. *Relatório anual 2014*. Porto Alegre, 2015b.

CEITEC S.A. – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA AVANÇADA. *Relatório anual 2015*. Porto Alegre, 2016.

CHANG, H. J. The political economy of industrial policy in Korea. *In: CHANG, H. J. The East Asian development experience: the miracle, the crisis, and the future*. New York, USA; Penang, Malaysia; London, UK: Zed Books, 2006. p. 61-107.

CHO, D. S.; KIM, D. J.; RHEE, D. K. Latecomer strategies: evidence from the semiconductor industry in Japan and Korea. *Organization Science*, Catonsville, MD, v. 9, n. 4, p. 489-505, 1998.

CI-BRASIL. *Europpractice 2016*: prototipagem grátis para universidades. [S.l.], 2016. Disponível em: <http://www.ci-brasil.gov.br/index.php/pt/noticias2/218-europpractice-2016prototipagem-gratis-para-universidades>. Acesso em: 28 mai. 2016.

CIGANA, C. O futuro da CEITEC: governo avalia abrir as portas da empresa ao capital privado. *Zero Hora*, [S.l.], abr. 2013. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/economia/noticia/2013/04/o-futuro-da-ceitec-governo-avalia-abrir-as-portas-da-empresa-ao-capital-privado-4120142.html>. Acesso em: 28 out. 2015.

CLARKE, P. Foundry sales growing faster than chip market. *EETimes*, [S.l.], dez. 2014. Disponível em: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324902. Acesso em: 11 abr. 2016.

CNPQ – CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. *Programa Nacional de Microeletrônica*: formação de recursos humanos. Brasília, 2002.

COUTINHO, L. G.; BELLUZZO, L. G. M. Estado, sistema financeiro e forma de manifestação da crise: 1929-1974. *In: COUTINHO, R.*

(ed.). *Desenvolvimento capitalista no Brasil: ensaios sobre a crise*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1982, p. 11-43.

CPQD anuncia criação da BrPhotonics. *CPqD Releases*, [S.l.], fev. 2014a. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/releases/cpqd-anuncia-criacao-da-brphotonics/>. Acesso em: 10 jan. 2016.

CPQD envia para fabricação primeiro protótipo de chip de 16 nm para comunicações ópticas do mundo. *CPqD Releases*, [S.l.], jun. 2015. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/noticias/cpqd-envia-para-fabricacao-primeiro-prototipo-de-chip-de-16-nm-para-comunicacoes-opticas-do-mundo/>. Acesso em: 28 mai. 2016.

CPQD envia para fabricação protótipo de chip para sistemas ópticos com tecnologia nacional. *CPqD Releases*, [S.l.], set. 2014b. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/releases/cpqd-envia-para-fabricacao-prototipo-de-chip-para-sistemas-opticos-com-tecnologianacional/>. Acesso em: 28 mai. 2016.

CUNHA, L. Nova investida brasileira. *O Setor Elétrico*, [S.l.], n. 53, jun. 2010. Disponível em: <http://www.osetoelettrico.com.br/web/component/content/article/57-artigose-materias/394-nova-investida-brasileira.html>. Acesso em: 26 jan. 2015.

DIBIAGGIO, L. Design complexity, vertical disintegration and knowledge organization in the semiconductor industry. *Industrial and Corporate Change*, Oxford, UK, v. 16, n. 2, p. 239-267, abr. 2007.

DRSKA, M. Unitec quer gerar receita antes de iniciar produção no Brasil. *Semicondutores em pauta*, [S.l.], mar. 2015. Disponível em: http://semicondutores.empauta.com/e2/standard/noticia/mostra_

noticia_e2.php?cod_noticia=1503181426652699007&autolog= eJw
zMDAyNTIyMLM0MrYwMjA0NTA2tAAAKaMD--2FA--3D--3D.
Acesso em: 28 out. 2015.

EMPRESA 100% brasileira inaugura a mais moderna fábrica de
células solares orgânicas do mundo. *Sunew Press Release*, [S.l.], nov.
2015. Disponível em: <http://www.sunew.com.br/portfolio-item/press-release-inauguracao-sunew/>. Acesso em: 14 jan. 2016.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Memorandum of Understanding*: SEMATECH. Washington, D.C.: Departamento de Defesa, 1988.

EVANS, P. *Autonomia e parceria*: Estados e transformação industrial. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2004.

FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. *Chamada Pública MCT/Finep/Ação Transversal – Cooperação ICTs/Empresas – Microeletrônica – 01/2007*. [S.l.], 2007. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/437>. Acesso em: 23 mai. 2016.

FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. *Chamada Pública MCT/Finep/FNDCT – Microeletrônica – 01/2005*. [S.l.], 2005. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/480>. Acesso em: 23 mai. 2016.

FONSECA, P. C. D. Desenvolvimentismo: a construção do conceito. In: CALIXTRE, A. B.; BIANCARELLI, A. M.; CINTRA, M. A. M. (ed.). *Presente e futuro do desenvolvimento brasileiro*. Brasília: Ipea, 2014, p. 29-78.

GLOBALFOUNDRIES to Acquire IBM's Microelectronics Business. *IBM Newsroom*, [S.l.], out. 2014. Disponível em: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/45110.wss>. Acesso em: 3 nov. 2015.

GUTIERREZ, R. M. V.; LEAL, C. F. C. Estratégias para uma indústria de circuitos integrados no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 19, p. 3-22, mar. 2004.

GUTIERREZ, R. M. V.; MENDES, L. R. Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônica no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 30, p. 157-209, set. 2009.

HATCH, N. W.; MOWERY, D. C. Process innovation and learning by doing in semiconductor manufacturing. *Management Science*, [Catonsville, MD], v. 44, n. 11, p. 1.461-1.477, nov. 1998.

HECK, S.; KAZA, S.; PINNER, D. Creating value in the semiconductor industry. *McKinsey on Semiconductors*, [S.l.], n. 1, p. 5-14, 2011.

HU, G. J. Government-industry partnerships in Taiwan. In: WESSNER, C. W. (ed.). *Securing the Future*: regional and national programs to support the semiconductor industry. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. p. 150-156.

IANSITI, M.; WEST, J. From physics to function: an empirical study of research and development performance in the semiconductor industry. *Journal of Product Innovation Management*, [S.l.], n. 16, p. 385-399, 1999.

IC INSIGHTS. 2015 semiconductor sales leaders forecast to include NXP/Free scale, one japanese company. *IC Insights Research Bulletin*,

[S.l.], abr. 2015a. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/779.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.

IC INSIGHTS. Apple drove entire foundry sales increase at TSMC in 2015. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], abr. 2016a. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/877.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2016.

IC INSIGHTS. Comparing market sizes and forecasted growth rates for systems, ICs. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], mar. 2015b. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/761.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.

IC INSIGHTS. Extreme results in top 25 2011 semiconductor sales ranking! *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], abr. 2012. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/424.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

IC INSIGHTS. Five top-20 companies forecast to show double-digit growth this year. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], nov. 2015c. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/835.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2016.

IC INSIGHTS. IC Insights shows big changes to 2013 top 20 semi supplier ranking. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], abr. 2014. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/659.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

IC INSIGHTS. IC market CAGR rebounds but growth remains below 30-year average. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], jan. 2015d. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/751.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.

IC INSIGHTS. M&A activity continues through uncertain business climate. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], set. 2015e. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/823.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2016.

IC INSIGHTS. *The McClean Report*. Scottsdale, Arizona USA, 2015f.

IC INSIGHTS. Memory and foundry companies climb in 2010 semiconductor ranking! *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], nov. 2010. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/183.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

IC INSIGHTS. Number of 300mm IC wafer fabs expected to reach 100 in 2016. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], abr. 2016b. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/871.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2016.

IC INSIGHTS. Pure-play foundries and fabless suppliers are star performers in top 25 2012 semiconductor supplier ranking. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], mar. 2013. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/532.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

IC INSIGHTS. Taiwan passes South Korea to become no. 1 in total IC wafer fab capacity. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], fev. 2016c. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/861.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2016.

IC INSIGHTS. Top semiconductor R&D leaders ranked for 2014. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], fev. 2015g. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/760.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.

IC INSIGHTS. Tracking the top 10 semiconductor sales leaders over 26 years. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], dez. 2011. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/359.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

IC INSIGHTS. U.S. companies continue to capture bulk of IDM and Fabless IC sales. *IC Insights Research Bulletin*, [S.l.], abr. 2016d. Disponível em: <http://www.icinsights.com/data/articles/documents/870.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2016.

INTEL. *2004 Annual Report*. [Santa Clara, CA], 2004. Disponível em: <http://www.intel.com.br/content/dam/doc/report/history-2004-annual-report.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2015.

JOHNSON, C. *MITI and the Japanese Miracle: The growth of industrial policy, 1925-1975*. Stanford, CA: Stanford University Press, 1982.

KEYNES, J. M. The end of laissez faire. In: JOHNSON, E.; MOGGRIDGE, D. (ed.). *The collected writings of John Maynard Keynes*. Cambridge: Royal Economic Society, Cambridge University Press, 1978. v. 9, Essays in Persuasion, p. 272-294. Disponível em: http://universitypublishingonline.org/royaleconomicsociety/popups/pdf_viewer.jsf?cid=CBO9781139524162A037&ref=false&pubCode=RES&urlPrefix=royaleconomicsociety&productCode=undefined. Acesso em: 11 abr. 2015.

KING, I. China has big plans for homegrown chips. *Bloomberg Businessweek*, [S.l.], jun. 2015. Disponível em: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-06-25/china-has-bigplans-for-homegrown-chips>. Acesso em: 19 abr. 2016.

KNEBEL, P. A complexa caminhada na trilha do chip brasileiro. *Jornal do Comércio*, Porto Alegre, fev. 2015. Disponível em: <https://www.jornaldocomercio.com/site/noticia.php?codn=188046>. Acesso em: 19 abr. 2016.

LIMA, R. R. S. Complexo eletrônico: a evolução recente e os desafios para o setor e para a atuação do BNDES. In: SOUSA, F. L. (ed.). *BNDES 60 anos: perspectivas setoriais*. Rio de Janeiro: BNDES, 2012. p. 42-96.

LIPSKY, J. IBM-GlobalFoundries deal finalized. *EETimes*, [S.l.], jul. 2015. Disponível em: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1327029. Acesso em: 3 nov. 2015.

MACHER, J. T.; MOWERY, D. C.; DI MININ, A. The “non-globalization” of innovation in the semiconductor industry. *California Management Review*, [Thousand Oaks, CA], v. 50, n. 1, p. 217-242, 2007.

MAHON, S. M. IC Insights 2008 supplier ranking sees some surprises, but no change at the top. *Fabtech*, [S.l.], mar. 2009. Disponível em: http://www.fabtech.org/news/_a/ic_insights_2008_supplier_ranking_sees_some_surprises_but_no_change_at_the_/. Acesso em: 25 mar. 2016.

MARQUES, F. BB fecha parceria para desenvolver chip usado em meios de pagamento. *Valor Econômico*, [S.l.], jun. 2015. Disponível em: <http://www.valor.com.br/financas/4098508/bb-fecha-parceria-para-desenvolver-chip-usado-em-meios-de-pagamento>. Acesso em: 30 jun. 2016.

MAZZUCATO, M. *O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado*. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MCALLISTER, N. IBM gets green light to sell off chips biz to GlobalFoundries. *The Register*, [S.l.], jun. 2015. Disponível em: http://www.theregister.co.uk/2015/06/30/regulators_ok_ibm_globalfoundries_deal/. Acesso em: 3 nov. 2015.

MELO, P. R. S.; RIOS, E. C. S. D.; GUTIERREZ, R. M. V. Componentes eletrônicos: perspectivas para o Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-64, mar. 2001.

MOORE, G. The SEMATECH contribution. In: WESSNER, C. W. (ed.). *Securing the Future: regional and national programs to support the semiconductor industry*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. p. 96-103.

MOORE, G.; SPENCER, W.; WESSNER, C. Preface. In: WESSNER, C. W. (ed.). *Securing the Future: regional and national programs to support the semiconductor industry*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. p. xv-xxvi.

MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. *Trajetórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX*. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (ed.). *Conflict and Cooperation in National Competition for High-Technology Industry*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 1996. In: WESSNER, C. W. Introduction. In: WESSNER, C. W. (ed.). *Securing the Future: regional and national programs to support the semiconductor industry*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. p. 7-62.

NEIL deGrasse Tyson: Bringing Commercial Space Fantasies Back to Earth. Publicado pelo canal Big Think. Produzido por Jonathan

Fowler e Elizabeth Rodd. [S.l.], 2012. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=lQd7zqyd_EM. Acesso em: 11 abr. 2015.

NENNI, D. Arm and mentor enabling the ecosystem for the backbone of iot. *Semiwiki*, jun. 2016. Disponível em: <https://www.semiwiki.com/forum/content/5912-armmentor-enabling-ecosystem-backbone-iot.html>. Acesso em: 28 jun. 2016.

NIKKEI TECHNOLOGY. Top 25 semiconductor supplier ranking. *Nikkei Technology*, [S.l.], mar. 2007. Disponível em: http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20070328/129621/. Acesso em: 25 mar. 2016.

OREIRO, J. L. É o novo-desenvolvimentismo? *Valor Econômico*, out. 2011. Disponível em: <https://www.valor.com.br/opiniao/1071588/e-o-novo-desenvolvimentismo>. Acesso em: 23 abr. 2019.

ORR, G.; THOMAS, C. Semiconductors in China: brave new world or same old story? *McKinsey*, [S.l.], ago. 2014. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/semiconductors-in-china-brave-new-world-or-same-old-story>. Acesso em: 19 abr. 2016.

PEREZ, C. *Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages*. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar, 2002.

PRIEWE, J. Seven strategies for development in comparison. In: CALCAGNO, A.; DULLIEN, S.; MÁRQUEZ-VELÁSQUEZ, A.; MAYSTRE, N.; PRIEWE, J. (ed.). *Rethinking Development Strategies after the Financial Crisis*. v. I: Making the case for policy space. New York; Geneva: United Nations, 2015, p. 27-44.

QUEIROZ, D. Aprovada instalação de fábrica de semicondutores em Manaus. *SUFRAMA News*, [S.l.], fev. 2015. Disponível em: http://www.suframa.gov.br/suf_pub_noticias.cfm?id=16916. Acesso em: 14 jan. 2016.

RENNER, M. São Leopoldo leva HT Micron. *Baguete*, [S.l.], jan. 2010. Disponível em: <http://www.baguete.com.br/noticias/geral/21/01/2010/sao-leopoldo-leva-ht-micron>. Acesso em: 15 jun. 2016.

RESENDE, T. Cade aprova venda de ações da Six. *Valor Econômico*, [S.l.], nov. 2012. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/2912864/cade-aprova-venda-deacoes-da-six>. Acesso em: 27 jan. 2015.

RIO GRANDE DO SUL (estado). *Protocolo de intenções para implantação do Centro de Excelência Ibero-Americano em Tecnologia Eletrônica Avançada – CEITEC*. 2000.

RITTNER, D. Six antecipa produção de chips. *Valor Econômico*, [S.l.], out. 2014. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/3732316/six-antecipa-producao-de-chips>. Acesso em: 27 jan. 2015.

RIVERA, R. *et al.* Microeletrônica: qual é a ambição do Brasil? *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 41, p. 345-396, mar. 2015.

ROESE, L. Microcontrolador 100% brasileiro nasce no campus. *A Razão*, [S.l.], dez. 2012. Disponível em: http://w3.ufsm.br/smdh/files/A_Razao_ZR16.pdf. Acesso em: 28 mai. 2016.

ROSSI, P. Regime macroeconômico e o projeto social-desenvolvimentista. In: CALIXTRE, A. B.; BIANCARELLI, A.

M.; CINTRA, M. A. M. (ed.). *Presente e futuro do desenvolvimento brasileiro*. Brasília: Ipea, 2014. p. 195-226.

ROSSI, P. *Taxa de câmbio e política cambial no Brasil: teoria, institucionalidade, papel da arbitragem e da especulação*. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2016.

SANTOS, C. BNDES e EBX se unem à CBS para fábrica de circuitos eletrônicos. *Valor Econômico*, [S.l.], abr. 2012a. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/2602972/bndes-e-ebx-se-unem-cbs-para-fabrica-de-circuitos-eletronicos>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SANTOS, C. Eike e BNDES poderão ser sócios em fábrica de chip. *Valor Econômico*, [S.l.], abr. 2012b. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/2603642/eikeebndespoderao-ser-socios-em-fabrica-de-chip>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SANTOS, C. Fábrica de semicondutores começa a sair do papel em Minas Gerais. *Valor Econômico*, [S.l.], nov. 2012c. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/2908574/fabrica-de-semicondutores-comeca-sair-do-papel-em-minas-gerais>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SCHWAB, K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. *World Economic Forum*, Genebra, jan. 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>. Acesso em: 24 jun. 2016.

SEMIKRON aposta no segmento de energias renováveis. *Brasil Business Review*, [S.l.], out. 2012. Disponível em: <http://www.businessreviewbrasil.com.br/assuntodedinheiro/695/Semikron-aposta-no-segmento-de-energias-renovaacuteveis>. Acesso em: 7 jan. 2016.

SERODIO, G. Unitec planeja começar a produzir chips em setembro de 2015. *Valor Econômico*, [S.l.], nov. 2014. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/3780184/unitec-planeja-comecar-produzir-chips-em-setembro-de-2015>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SFREDO, M. Um chip que fica frio. *Zero Hora*, Porto Alegre, p. 23, 10 set. 2015.

SHEN, J. Top-20 chip suppliers 3Q09 revenues up 19% sequentially, says IC Insights. *DigiTimes*, nov. 2009. Disponível em: : http://maltiel-consulting.com/Semiconductor_Q3_09_growth_maltiel_semiconductor.htm. Acesso em: 22. jun. 2016.

SIA – SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION. *The 2016 Semiconductor Industry Association Factbook*. [S.l.], 2016. Disponível em: <http://blog.semiconductors.org/blog/the-2016-sia-factbookyour-top-source-forsemiconductor-data>. Acesso em: 11 abr. 2016.

SILVA, A. L. G. *A indústria de componentes eletrônicos semicondutores: padrão de concorrência internacional e inserção do Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1985.

SOARES, E. Argentinos pagam R\$ 40 milhões por SIX. *Valor Econômico*, [S.l.], mai. 2014. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/3543738/argentinos-pagam-r-40milhoes-por-six>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SOUZA, M. M. Grupo argentino compra parte de Eike na SIX. *Valor Econômico*, [S.l.], jan. 2014. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/3392438/grupo-argentino-compra-parte-de-eike-na-six>. Acesso em: 27 jan. 2015.

SPERLING, E. Fundamental shifts in chip business. *Semiconductor Engineering*, [S.l.], ago. 2015. Disponível em: <http://semiengineering.com/fundamental-shifts-in-chipbusiness/>. Acesso em: 12 jan. 2016.

STURGEON, T. J. Modular production networks: a new american model of industrial organization. *Industrial and Corporate Change*, [Oxford], v. 11, n. 3, p. 451-496, jan. 2002.

TEN Theses on New Developmentalism. *Structuralist Development Macroeconomics Center*, Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, set. 2010. Disponível em: <http://www.tenthesesonnewdevelopmentalism.org/>. Acesso em: 22 jan. 2016.

THE ECONOMIST. The end of Moore's law. *The Economist*, [S.l.], abr. 2015a. Disponível em: <http://www.economist.com/blogs/economist-explains/2015/04/economist-explains-17>. Acesso em: 12 fev. 2016.

THE ECONOMIST. More from Moore. *The Economist*, [S.l.], set. 2015b. Disponível em: <http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21662644-chipmaking-moores-law-may-be-running-out-steam-chip-costs-will-continue?zid=291&ah=906e69ad01d2ee51960100b7fa502595>. Acesso em: 12 jan. 2016.

THE ECONOMIST. No Moore? *The Economist*, [S.l.], nov. 2013. Disponível em: <http://www.economist.com/news/21589080-golden-rule-microchips-appears-becoming-end-no-moore?zid=291&ah=906e69ad01d2ee51960100b7fa502595>. Acesso em: 13 jan. 2016.

THOMAS, C. A new world under construction: China and semiconductors. *McKinsey on Semiconductors*, [S.l.], n. 5, p. 7-17, 2015.

TSMC – TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY. Value chain aggregator. [S.l.], 2016. Disponível em: http://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/services/value_chain_aggregator.htm. Acesso em: 28 mai. 2016.

TYSON, L. *Who's bashing whom?* Trade conflict in high technology industries. Washington, D.C.: Institute for International Economics, 1992. In: WESSNER, C. W. Introduction. In: WESSNER, C. W. (ed.). *Securing the Future: regional and national programs to support the semiconductor industry*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. p. 7-62.

WADE, R. *Governing the market: economic theory and the role of government in East Asian industrialization*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1990.

WESSNER, C. W. Introduction. In: WESSNER, C. W. (ed.). *Securing the Future: regional and national programs to support the semiconductor industry*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2003. p. 7-62.

WORLD ECONOMIC FORUM. *World Economic Forum Annual Meeting 2016: Mastering the fourth industrial revolution*. Genebra, 2016.

WSTS – THE WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS. *WSTS Final Semiconductor Market Figures for 2014*. Mar. 2015a. Disponível em: <https://www.wsts.org/content/download/3548/24110>. Acesso em: 7 jan. 2016.

WSTS – THE WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS. *WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2015*. [S.l.], dez. 2015b. Disponível em: <https://www.wsts.org/content/download/3909/26658>. Acesso em: 7 jan. 2016.

Apêndices

Apêndice A – Questionário aplicado na pesquisa de campo

Segue uma reprodução do questionário utilizado durante a pesquisa de campo. O questionário foi formulado utilizando a ferramenta Google-Forms e enviado às empresas que haviam sido identificadas durante a etapa de mapeamento do setor.

Prezado(a) entrevistado(a),

Meu nome é Xxxxxx e eu sou alunx do curso de Mestrado em Ciências Econômicas xxxxxxxxxxxx. Meu projeto de pesquisa é “Estado e Desenvolvimento: a indústria de semicondutores no Brasil” e estou sendo orientadx pelo Prof. Dr. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxe co-orientadx pelo Prof. Dr. Xxxxxxxxxxxxxxxxxxx e pelo Prof. Dr. Xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

Uma parte muito importante do trabalho que estou desenvolvendo é o mapeamento da indústria de semicondutores no Brasil. Para tanto, gostaria de solicitar, por gentileza, que o(a) senhor(a) respondesse o questionário abaixo. Gostaria de salientar que todas as informações fornecidas, exceto aquelas referentes à identidade do(a) entrevistado(a), poderão ser publicadas na dissertação de mestrado. Por esse motivo, o(a) entrevistado(a) tem o direito de não fornecer as informações que não desejar tornar públicas ou fornecer números aproximados. No entanto, peço que, mesmo que algumas das informações não possam ser fornecidas, o(a) entrevistado(a) preencha o restante do questionário.

Por favor, em caso de dúvida, não hesite em me contactar por meio do *e-mail* xxxxxx.

Desde já, expresso o meu agradecimento por sua atenção e colaboração. As informações fornecidas serão de extrema valia para o trabalho que estou desenvolvendo.

Dados da instituição

1. Razão social:
2. Nome fantasia:
3. Cidade e estado da sede principal da instituição no Brasil:
4. A instituição possui filiais? Se sim, citar locais.
5. Natureza jurídica da instituição:
 - Empresa privada com fins lucrativos
 - Instituição privada sem fins lucrativos
 - Empresa pública
 - Instituição pública
 - Outra. Especificar:
6. Em que ano a instituição foi fundada ou começou a atuar no Brasil?

Posição da instituição na indústria de semicondutores

Cadeia produtiva e modelos de negócios da indústria de semicondutores

7. Qual é o modelo de negócios adotado pela instituição? Utilize a figura como guia para a sua resposta.
 - *Design house*
 - Empresa de propriedade intelectual em silício (*silicon intellectual property* – SIP)

- Encapsuladora (*assembly & test services* ou *packaging company*)
 - *Fabless*
 - *Fablite*
 - Fabricante dedicada (*dedicated foundry*)
 - Fabricante integrada (*integrated device manufacturer – IDM*)
 - Prestadora de serviços
 - Outro. Especificar:
8. Quais são os principais produtos e/ou serviços oferecidos pela instituição?
 9. Quais são os principais clientes da instituição? Cite o nome das empresas/instituições ou o(s) setor(es) a que pertencem.
 10. Qual foi o faturamento da instituição em 2015? Informar o faturamento das atividades ligadas a semicondutores.
 11. Quantos funcionários a instituição emprega? Informar o número de funcionários empregados nas atividades ligadas a semicondutores.
 12. Qual é a capacidade produtiva anual da instituição? Informar em número de *wafers* por ano, número de *chips* encapsulados por ano e/ou número de projetos de CIs por ano.
 13. A empresa tem ou teve acesso a algum incentivo público ou participou de algum programa governamental?
 - Sim – Padis
 - Sim – CI-Brasil
 - Não
 - Outro. Especificar:

Dados do(a) entrevistado(a)

Nome completo:

Cargo:

Telefone para contato:

E-mail:

Apêndice B – Resumo dos projetos aprovados no Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores

O Quadro 7 apresenta todos os projetos de P&D aprovados no Padis até 30 de junho de 2016. Depois da aprovação dos projetos pelo MCTI e pelo Mdic, o Ministério da Fazenda verifica a regularidade fiscal das empresas e as habilita no Padis. As empresas listadas no Quadro 7 estão ordenadas pelo número/ano da portaria e, no caso de empresas com mais de um projeto aprovado, pelo número/ano da primeira portaria que foi aprovada, estando as demais portarias arroladas na sequência. Optou-se por fornecer a data de publicação da portaria no Diário Oficial da União (DOU), e não a data de assinatura da portaria para facilitar a sua localização. Além de nome da empresa, número no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), data de publicação no DOU e número e ano da portaria, o Quadro 7 indica também o projeto efetivamente aprovado para cada empresa, quanto às atividades que serão executadas e aos produtos que serão produzidos.

Quadro 7. Resumo dos projetos aprovados no Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
SiliconReef Consultoria, Pesquisa e Projetos em Tecnologia da Informação Ltda.	10.469.115/0001-83	26.7.2010	575/2010	Concepção, desenvolvimento e projeto (<i>design</i>)	Circuitos integrados.
Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada S.A.	10.770.641/0001-89	4.11.2010	919/2010	Desenvolvimento e fabricação	Circuitos integrados eletrônicos montados; circuitos integrados eletrônicos não montados; e circuitos integrados eletrônicos na forma de discos ou lâminas (<i>wafers</i>).
		22.1.2014	71/2014	Corte, encapsulamento e teste	Dispositivos eletrônicos semicondutores.
Smart Modular Technologies Indústria de Componentes Eletrônicos Ltda.	06.103.827/0001-07	10.11.2010	931/2010	Encapsulamento e teste	Circuitos integrados eletrônicos montados, do tipo memórias de acesso randômico, dinâmicas e síncronas (<i>synchronous dynamic random access memory – SDRAM</i>).
		7.5.2012	299/2012	Encapsulamento e teste	Cartões de memória Micro <i>secure digital</i> (SD) e Micro <i>secure digital high capacity</i> (SDHC), constituído por memória <i>flash</i> , montada diretamente sobre placa de circuito impresso (<i>chip on board</i>), com capacidade de armazenamento de memória de 128 MB a 4 GB, ou superior.

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
Smart Modular Technologies Indústria de Componentes Eletrônicos Ltda.	06.103.827/0001-07	7.5.2012	301/2012	Encapsulamento e teste	Dispositivos de armazenamento não volátil de dados à base de semicondutores, com conexão por interface do tipo Universal Serial Bus (USB), constituído por memória <i>flash</i> montada diretamente sobre placa de circuito impresso (<i>chip on board</i>), com capacidade de armazenamento de memória de até 256 GB, ou superior, denominado USB Flash Drive (UFD).
			25.2.2013	Encapsulamento e teste	Circuito integrado do tipo memória de acesso randômico dinâmico de baixo consumo (<i>low power dynamic random access memory</i> – LPDRAM), montadas, modelos LPDRAM DDR 2 e LPDRAM DDR 3.
		30.12.2013	1.358/2013	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado do tipo <i>electrically erasable programmable read-only memory</i> (EEPROM) não volátil, montada, própria para montagem em superfície SMD, <i>flash fine pitch ball grid array package</i> (FBGA); e circuito integrado do tipo memória não volátil, montada, combinando memória NAND <i>flash</i> e controlador, <i>embedded multimedia card</i> (eMMC).
		29.4.2014	445/2014	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado de memória, com memória volátil e não volátil e controlador, encapsulados e montados sobre o mesmo substrato (<i>embedded multi-chip package memory</i> – eMCP).

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
Smart Modular Technologies Indústria de Componentes Eletrônicos Ltda.	06.103.827/0001-07	25.3.2015	165/2015	Corte, encapsulamento e teste	Circuitos integrados eletrônicos, montados, da posição Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) 8542; componentes eletrônicos semicondutores, montados, da NCM 8541; e componentes eletrônicos semicondutores, da NCM 8541, montados em módulos ou painéis.
		22.2.2016	157/2016	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado do tipo SDRAM DDR4.
Unitec Semicondutores S.A.	07.488.680/0001-83	21.3.2012	213/2012	Desenvolvimento e fabricação	Circuitos integrados eletrônicos montados; e circuitos integrados eletrônicos não montados ou sob a forma de discos (<i>wafers</i>) ainda não cortados em microplaquetas (<i>chips</i>).
		18.11.2013	1.194/2013	Altera a denominação da empresa na Portaria 213/2012 de Companhia Brasileira de Semicondutores S.A. para Six Semicondutores S.A.	
Unitec Semicondutores S.A.	07.488.680/0001-83	12.2.2014	172/2014	Desenvolvimento e fabricação, ou seja: (i) concepção, desenvolvimento e projeto (<i>design</i>); (ii) difusão ou processamento físico-químico; e (iii) corte, encapsulamento e teste	Circuitos integrados eletrônicos montados; e circuitos integrados eletrônicos não montados ou na forma de discos (<i>wafers</i>) ainda não cortados em microplaquetas (<i>chips</i>).
		7.7.2015	519/2015	Altera a denominação da empresa na Portaria 172/2014 de Six Semicondutores S.A. para Unitec Semicondutores S.A.	

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
HT Micron Semicondutores S.A.	11.386.376/0001-00	18.4.2012	252/2012	Encapsulamento e teste	Circuitos integrados da NCM 8542.3, com tecnologias de encapsulamento dos tipos Board on Chip Package (BOC), <i>ball grid array</i> (BGA), FBGA, Thin Small Outline Package (TSOP) 1 e 2; cartões de memória Micro SD e Micro SDHC, constituído por memória <i>flash</i> , montada diretamente sobre placa de circuito impresso (<i>chip on board</i>), com capacidade de armazenamento de memória de 128 MB a 4 GB, ou superior; dispositivos de armazenamento não volátil de dados à base de semicondutores, com conexão por interface do tipo USB, constituído por memória <i>flash</i> montada diretamente sobre placa de circuito impresso (<i>chip on board</i>), com capacidade de armazenamento de memória de até 256 GB, ou superior, denominado USB Flash; e circuitos integrados digitais montados pelo processo <i>chip on board</i> , classificados na NCM 8542.3, denominados circuitos integrados inteligentes (<i>smart chips</i>).
HT Micron Semicondutores S.A.	11.386.376/0001-00	24.4.2015	254/2015	Corte, encapsulamento e teste	Memórias de acesso randômico dinâmica (<i>dynamic random access memory</i> – DRAM) e LPDRAM; memórias não voláteis <i>NAND flash</i> ; circuito integrado eMMC; circuito integrado eMCP; circuitos integrados <i>system on a chip</i> (SoC); e circuitos integrados com tecnologia de encapsulamento Single In-line Package (SiP).
		21.12.2015	1.164/2015	Altera a denominação da empresa nas portarias 252/2012 e 254/2015 de HT Micron Semicondutores Ltda. para HT Micron Semicondutores S.A.	

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
Flex IC Indústria Eletrônica Ltda.	12.221.344/0001-00	7.5.2012	300/2012	Encapsulamento e teste	Circuitos integrados híbridos a filme espesso, montados diretamente sobre placa de circuito impresso com tecnologia <i>chip on board</i> , classificados no código NCM8542.60.19: amplificador de alto ganho para aplicação em transmissores de pressão automotivo; elemento sensor para aplicação em transmissores de pressão automotivo; amplificador de alto ganho para aplicação em sensores TPS (Throttle Position Sensor) tipo <i>hall</i> ; automotivo; e elemento sensor para aplicação em medidor de nível de combustível automotivo.
Idea Sistemas Eletrônicos Ltda.	01.899.564/0001-70	13.6.2012	418/2012	Concepção, desenvolvimento e projeto (<i>design</i>)	Circuitos integrados.
Chipus Microeletrônica – Serviços de Engenharia Elétrica Ltda.	10.475.890/0001-49	6.12.2012	897/2012	Concepção, desenvolvimento e projeto (<i>design</i>)	Circuitos integrados.

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
Multilaser Indústria de Equipamentos de Informática, Eletrônicos e Ópticos Ltda.	18.272.566/0001-38	30.12.2013	1.357/2013	Corte, encapsulamento e teste	Circuitos integrados eletrônicos, montados pelo processo <i>chip on board</i> , dos tipos memória NAND <i>flash</i> e memória DRAM; dispositivo de armazenamento não volátil de dados, à base de semicondutores, UFD; e dispositivos de armazenamento não volátil de dados, à base de semicondutores, montados pelo processo <i>chip on board</i> , cartão de memória Micro SD.
Techno-Cells Indústria de Semicondutores ES Ltda.	21.199.157/0001-68	12.2.2016	105/2016	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado do tipo memória não volátil, combinando memória NAND <i>flash</i> e controlador, eMMC; cartões integrados do tipo LPDRAM; e circuito integrado do tipo memória, combinando memória volátil e não volátil, eMCP.
		25.3.2015	164/2015	Difusão ou processamento físico-químico	Células fotovoltaicas.
				Corte, encapsulamento e teste	Módulos fotovoltaicos.
Adata Integration Brazil S.A.	21.316.324/0001-03	3.6.2015	375/2015	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado do tipo DRAM, montada, DRAM IC, classificado na NCM 8542.32.21; circuito integrado do tipo memória não volátil tecnologia flash, montada, flash IC, classificado na NCM 8542.32.21; e circuito integrado do tipo memória não volátil, não montada, flash IC, classificado na NCM 8542.32.10.

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
Cal-Comp Indústria de Semicondutores Ltda.	21.315.035/0001-90	22.6.2015	438/2015	Corte, encapsulamento e teste	Cartões de memória, modelos Micro SD e Micro SDHC, da NCM 8523.51.10; dispositivo de armazenamento não volátil de dados, à base de semicondutores, UFD, modelo PenDrive, da NCM 8523.51.90; e circuito integrado do tipo memória não volátil, montada, combinando memória NAND flash e controlador, modelos eMMC e NAND flash, da NCM 8542.32.29.
Gigastone do Brasil Indústria de Semicondutores Ltda.	21.003.055/0001-25	7.7.2015	520/2015	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado, com tecnologias de encapsulamento dos tipos BOC, BGA, TSOP1 e TSOP2, classificado na NCM 8542.32.21; cartões de memória Micro SD e Micro SDHC, classificados na NCM 8523.51; circuito integrado do tipo memória não volátil, montada, combinando memória NAND flash e controlador, do tipo eMMC, classificado na NCM 8542.32.21; circuito integrado do tipo memória EEPROM não volátil, própria para montagem em superfície SMD, do tipo <i>flash</i> FBGA, classificado na NCM 8542.32.21; e circuitos integrados eletrônicos, montados pelo processo de encapsulamento, do tipo DRAM, classificado na NCM 8542.32.21.
BrPhotonics Produtos Optoeletrônicos Ltda.	19.455.907/0001-73	20.8.2015	725/2015	Concepção, desenvolvimento e projeto (<i>design</i>)	Dispositivos semicondutores, classificados na NCM 8542: desenvolvimento de soluções completas de circuitos integrados com tecnologia fotônica (semicondutores e híbrido) dedicados (<i>application specific integrated circuits</i> – ASIC); e desenvolvimento de blocos de propriedade intelectual, denominados como <i>intellectual property</i> (IP).

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
BrPhotonics Produtos Optoeletrônicos Ltda.	19.455.907/0001-73	20.8.2015	725/2015	Fabricação, difusão ou processamento físico-químico e corte, encapsulamento e teste	Dispositivos semicondutores classificáveis nas posições NCM 8541 e 8542: circuito integrado, modulador eletro-óptico; circuito integrado, receptor óptico; e diodo <i>laser</i> (<i>chip laser</i>).
Sunew Filmes Fotovoltaicos Impressos Ltda.	19.703.227/0001-21	26.11.2015	979/2015	Concepção, desenvolvimento e projeto (<i>design</i>), processamento físico-químico, corte, encapsulamento e teste	Filmes fotovoltaicos orgânicos (OPV), classificados no código NCM 8541.
High Bridge Semicondutores Indústria Ltda.*	08.679.903/0001-52	31.12.2015	1.180/2015	Corte, encapsulamento e teste	Circuito integrado eletrônico do tipo memória não volátil NAND <i>flash</i> , classificado na NCM 8542.32.21; circuito integrado eletrônico do tipo memória não volátil, montada, combinando NAND <i>flash</i> e controlador, do tipo eMMC, classificado na NCM 8542.32.21; circuito integrado eletrônico montado combinando memória volátil e não volátil do tipo eMCP, classificado na NCM 8542.32.21; e circuito integrado eletrônico do tipo LPDRAM, classificado na NCM 8542.32.21.

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas	Data do Diário Oficial da União	Portaria	Atividade	Produto
First Solar Brasil Indústria e Comércio de Equipamentos de Energia Solar Ltda.	22.302.445/0001-69	22.1.2016	71/2016	Corte, encapsulamento e teste	Módulos fotovoltaicos de filme fino de telureto de cádmio (CdTe), classificados na NCM 8541.
ViV Brasil Energia Renovável Indústria e Comércio Ltda.	12.293.316/0001-06	22.2.2016	158/2016	Corte, encapsulamento e teste	Módulos fotovoltaicos de silício cristalino, classificados na posição NCM 8541.
BYD Energy do Brasil Ltda.	21.858.948/0001-52	16.3.2016	215/2016	Corte, encapsulamento e teste	Módulos fotovoltaicos de silício cristalino, classificados na NCM 8541.
S4 Solar do Brasil Ltda.*	16.928.792/0001-07	10.6.2016	418/2016	Difusão ou processamento físico-químico	Fabricação de células fotovoltaicas.
				Corte, encapsulamento e teste	Fabricação de módulos fotovoltaicos.

Fonte: Elaboração própria.

* Empresas que ainda não foram habilitadas pela Secretaria da Receita Federal.

Apêndice C – Resumo dos Projetos Apoiados pela Finep

O Quadro 8 apresenta os projetos das empresas da indústria de semicondutores apoiados pela Finep. Esse quadro foi construído pelo cruzamento das informações do Quadro 5 com o Portal Transparência Finep (<http://www.finep.gov.br/acesso-a-informacao-externo/transparencia/projetos-contratados>). Cabe ressaltar que várias empresas do setor não trabalham apenas com semicondutores, mas também com produtos eletrônicos, sistemas, física aplicada e TICs em geral. Dessa forma, foram selecionados apenas os projetos com alguma relação com semicondutores.¹⁶² Além disso, os projetos listados nesse quadro são resultado de demandas variadas – chamadas públicas, cartas-convite, encomendas e demanda espontânea. Em relação aos papéis que as empresas podem assumir nos projetos apoiados pela Finep, proponente é a instituição responsável pela proposição do projeto, que assina o instrumento contratual e que fica responsável pela execução gerencial e financeira; executor é a instituição diretamente responsável pela implementação e execução técnica do projeto; e interveniente é uma instituição interessada no projeto que colabora com recursos financeiros ou técnicos.

¹⁶² Assim, algum projeto que envolva semicondutores, mas que isso não possa ser deduzido com base no título do projeto, pode ter ficado de fora deste levantamento.

Quadro 8. Projetos apoiados pela Finep

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
Aegis	Diodo Ultrarrápido com Lâmina Epitaxial*	Não reembolsável	Interveniente	R\$ 662.200	R\$ 322.800	22.12.2005-22.3.2009
C.E.S.A.R	Projeto de Módulos DVB-S2B e DVB-C para Sistemas de Codificação Digital de Vídeo*	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 659.453	R\$ 644.453	23.12.2005-23.12.2007
	Gerenciamento da Rede de Microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016
	Desenvolvimento de Circuito Integrado para Energy Harvesting: Caracterização e Qualificação	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 961.941	R\$ 961.941	7.12.2012-7.6.2016
Ceitec	MICRO-NANO-RH – Formação de Recursos Humanos, Capacitação em Nanoeletrônica, Micro e Nano-tecnologias para Eletrônica, Cluster CEITEC-Universidade-Empresas	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 2.500.000	R\$ 2.496.837	17.12.2004-17.12.2008
	Codificador e Decodificador de Vídeo Escalável MPEG-2	Não reembolsável	Interveniente	R\$ 1.727.390	R\$ 1.470.033	11.3.2005-11.2.2006
	Workshop de Cooperação Brasil-França em Microeletrônica: CEITEC e MINATEC/LETI	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 20.000	R\$ 17.331	3.5.2005-3.11.2005
	SAINT – Sistema de Antenas Inteligentes	Não reembolsável	Interveniente	R\$ 1.777.803	R\$ 1.775.559	22.6.2005-22.5.2006

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
Ceitec	SORCER – Sistema OFDM com Redução de Complexidade por Equalização Robusta	Não reembolsável	Interviente	R\$ 2.338.012	R\$ 2.338.012	23.8.2005-23.2.2006
	Desenvolvimento e Prototipagem do Circuito Integrado de Aplicação Específica (ASIC) GBL*	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 661.893	R\$ 661.520	12.12.2005-12.8.2008
	Capacitação de Laboratórios Brasileiros para Avaliação de Conformidade do SINIAV	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 995.740	R\$ 505.920	4.4.2008-4.4.2010
	Licenciamento de Tecnologia de Fabricação para o CEITEC	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 1.400.000	R\$ 1.400.000	28.5.2008-28.5.2010
	Rede H.264 SBTVD	Não reembolsável	Interviente	R\$ 4.096.000	R\$ 4.096.000	14.7.2008-14.7.2013
	ISDTV Demodulador**	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 2.459.446	R\$ 0	28.8.2008-28.8.2010
Chipus Microeletrônica	Implantação da infraestrutura necessária para o funcionamento da linha-piloto	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 11.941.347	R\$ 10.458.202	1.10.2009-1.10.2012
	Gerenciamento da rede de microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016
	FLEXIP – Plataforma Flexível de IPs (Propriedade Intelectual) Analógicos para Circuitos Integrados	Não reembolsável	Interviente	R\$ 1.053.000	R\$ 1.049.323	13.5.2013-13.4.2017
	Circuito Integrado de Conversão Analógico-Digital Isolado e Alimentado em Cápsula Única	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 1.718.553	R\$ 530.116	8.6.2015-8.6.2017

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
CPqD	Desenvolvimento de Módulo de Laser de Bombeio e Testes de Confiabilidade*	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 647.199	R\$ 647.199	6.12.2005-6.8.2007
	Laboratório Experimental de Estudos e Aplicações em RFID	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 7.999.784	R\$ 7.999.784	13.2.2009-13.6.2013
	Programa Brasil-ID – Capacitação de Recursos Humanos e Desenvolvimento de Produtos em RFID	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 17.577.882	R\$ 6.474.278	3.2.2011-3.5.2018
	ASIC-DSP para Sistemas Ópticos Coerentes	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 59.221.857	R\$ 23.565.710	5.12.2012-5.12.2017
CTI	Integração, Expansão e Disponibilização de Competências em Engenharia de Processos em Microeletrônica e Componentes	Não reembolsável	Executor	R\$ 1.299.460	R\$ 1.295.458	16.11.2004-16.5.2008
	Modernização da Infraestrutura Tecnológica das Instituições de Ensino e Pesquisa – Atualização de Software e Ferramentas de Projeto de Circuitos Integrados	Não reembolsável	Executor	R\$ 727.000	R\$ 727.000	11.11.2005-11.5.2009
	Leitora Criptográfica de Cartões Magnéticos*	Não reembolsável	Executor	R\$ 685.000,00	R\$ 685.000,00	7.12.2005-7.8.2010

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
CTI	Telefone sem Fio com Voz Amostrada em Espalhamento Espectral*	Não reembolsável	Executor	R\$ 665.000	R\$ 665.000	15.12.2005-15.12.2008
	IX International Technical Symposium on Packaging, Assembling & Testing & Exhibition – IX Simpósio Internacional de Microeletrônica e Empacotamento Eletrônico – IX IMAPS 2006	Não reembolsável	Executor	R\$ 30.000	R\$ 29.554	31.8.2006-28.2.2007
	Semicondutores – Capacitação da rede TSQC	Não reembolsável	Executor	R\$ 4.935.780	R\$ 4.935.780	14.12.2007-14.6.2012
	Capacitação em Projetos de CI	Não reembolsável	Executor	R\$ 15.850.000	R\$ 15.850.000	19.12.2007-19.12.2009
	Capacitação de Laboratórios Brasileiros para Avaliação de Conformidade do SINIAV	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 995.740	R\$ 505.920	4.4.2008-4.4.2010
	Programa de Capacitação em projetos de CI – Implantação de Centro de Treinamento (CT) 2	Não reembolsável	Executor	R\$ 2.942.650	R\$ 2.942.650	24.10.2008-24.7.2010
	Capacitação e desenvolvimento de tecnologias para sistemas fotovoltaicos no CTI	Não reembolsável	Executor	R\$ 1.000.000	R\$ 1.000.000	30.12.2008-30.4.2011
	Operação dos centros de treinamento, consolidação das empresas de projetos e apoio aos programas acadêmicos de formação na área de microeletrônica	Não reembolsável	Executor	R\$ 10.976.360	R\$ 10.976.360	10.6.2010-10.3.2014

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
CTI	Desenvolvimento de competências em energia solar fotovoltaica integrada às edificações e tecnologias fotovoltaicas orgânicas	Não reembolsável	Executor	R\$ 2.736.802	R\$ 2.582.598	18.8.2010-18.2.2016
	Desenvolvimento de Tecnologias para Empacotamento de Sistemas Eletrônicos Avançados	Não reembolsável	Executor	R\$ 4.423.935	R\$ 4.423.935	18.10.2010-18.4.2017
	Gerenciamento da Rede de Microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Executor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016
	Programa Brasil-ID – Capacitação de Recursos Humanos e Desenvolvimento de Produtos em RFID	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 17.577.882	R\$ 6.474.278	3.2.2011-3.5.2018
	Recuperação de instalações destinadas a projetos multiusuário em nanofabricação para microeletrônica	Não reembolsável	Executor	R\$ 573.794	R\$ 573.794	9.3.2012-9.3.2016
	Desenvolvimento de Circuitos Integrados Tolerantes à Radiação	Não reembolsável	Executor	R\$ 16.272.963	R\$ 7.586.629	19.6.2012-19.6.2018
	Desenvolvimento do IDTV01, um Chip para Recepção de TV Digital	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 2.532.251	R\$ 2.532.251	18.10.2012-18.9.2016
	Desenvolvimento de Circuito Integrado para Energy Harvesting: Caracterização e Qualificação	Não reembolsável	Interviente	R\$ 961.941	R\$ 961.941	7.12.2012-7.6.2016

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
CTI	Implantação e Operação de Centros de Treinamento de Projetistas de Circuitos Integrados 2013	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 8.000.000	R\$ 6.117.950	28.11.2013-28.11.2016
	Laboratório de Imageamento para Micro/Nanoeletrônica e Tecnologias 3D	Não reembolsável	Executor	R\$ 1.861.185	R\$ 1.861.185	22.5.2014-22.5.2017
	Gerenciamento da Rede de Microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016
HT Micron	Desenvolvimento do IDTV01, um Chip para Recepção de TV Digital	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 2.532.251	R\$ 2.532.251	18.10.2012-18.9.2016
	Encapsulamento e Teste de Semicondutores no Brasil	Reembolsável	Proponente e executor	R\$ 32.428.000	R\$ 29.350.000	10.11.2011-10.11.2015
	Encapsulamento e Teste de Semicondutores para Dispositivos Móveis no Brasil	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 7.650.802	R\$ 3.039.151	31.1.2014-31.10.2016
Idea! Electronic Systems	Desenvolvimento do IDTV01, um Chip para Recepção de TV Digital	Não reembolsável	Interviente	R\$ 2.532.251	R\$ 2.532.251	18.10.2012-18.9.2016
	Circuito Integrado Ponte PCI Express para Enlaces de Radiodifusão	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 934.350	R\$ 330.367	23.12.2013-23.6.2016
LC Eletrônica	Dispositivo Orgânico Optoeletrônico*	Não reembolsável	Interviente	R\$ 660.728	R\$ 560.728	28.11.2005-28.5.2009

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
LSI-TEC	Microsistemas Híbridos em Silício: Fabricação de Transmissores de Pressão Piezoresistivos Inteligentes e de Baixo Custo e Altíssima Precisão*	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 519.110	R\$ 397.110	15.12.2005-15.12.2008
	Integração de Sistemas em Chips	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 487.410	R\$ 384.400	15.12.2006-5.12.2010
	Chip para Aquisição de Sinais Eletrocardiográficos**	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 503.993	R\$ 383.878	29.2.2008-29.2.2012
	Rede H.264 SBTVD	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 4.096.000	R\$ 4.096.000	14.7.2008-14.7.2013
	Gerenciamento da Rede de Microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016
Senai Cimatec	Programa Brasil-ID – Capacitação de Recursos Humanos e Desenvolvimento de Produtos em RFID	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 17.577.882	R\$ 6.474.278	3.2.2011-3.5.2018
	Implantação e Operação de Centros de Treinamento de Projetistas de Circuitos Integrados 2013	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 8.000.000	R\$ 6.117.950	28.11.2013-28.11.2016
	Estruturação do Núcleo de Microeletrônica e do Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 1.800.000	R\$ 1.800.000	19.12.2006-19.4.2010
	Gerenciamento da Rede de Microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016

(continua)

(continuação)

Nome da empresa	Título do convênio	Modalidade	Papel	Valor do projeto	Valor do projeto liberado	Vigência
SiliconReef	Desenvolvimento de Circuito Integrado para Energy Harvesting: Caracterização e Qualificação	Não reembolsável	Interveniente	R\$ 961.941	R\$ 961.941	7.12.2012-7.6.2016
Unitec Semicondutores	Companhia Brasileira de Semicondutores	Reembolsável	Proponente e executor	R\$ 207.200.000	R\$ 135.296.000	3.12.2012-3.12.2016
Von Braun Labs	Capacitação de Laboratórios Brasileiros para Avaliação de Conformidade do SINIAV	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 995.740	R\$ 505.920	4.4.2008-4.4.2010
	Gerenciamento da Rede de Microeletrônica e supervisão dos projetos de dispositivos microeletrônicos	Não reembolsável	Coexecutor	R\$ 661.182	R\$ 661.182	30.12.2010-30.12.2016
	Programa Brasil-ID – Capacitação de Recursos Humanos e Desenvolvimento de Produtos em RFID	Não reembolsável	Proponente e executor	R\$ 17.577.882	R\$ 6.474.278	3.2.2011-3.5.2018

Fonte: Elaboração própria.

* Projetos apoiados na Chamada Pública MCT/Finep/FNDCT – Microeletrônica – 01/2005.

** Projetos apoiados na Chamada Pública MCT/Finep/Ação Transversal – Cooperação ICTs/Empresas – Microeletrônica – 01/2007.

Anexo

Alguns indicadores da indústria eletrônica no Brasil

Tabela A1. Indicadores selecionados da indústria eletrônica no Brasil, 2002-2015

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Faturamento (R\$ bilhões)	56,4	63,9	81,6	92,8	104,1	111,7	123,1
Produção física (variação anual em %)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	(1,5)
Exportações (US\$ FOB milhões)	4.415	4.771	5.344	7.767	9.249	9.300	9.891
Importações (US\$ FOB milhões)	10.294	10.048	12.667	15.135	19.705	24.053	31.973
Faturamento por área – componentes elétricos e eletrônicos (R\$ milhões)	5.916	6.876	8.697	8.653	9.409	10.150	9.500
Faturamento por área – informática (R\$ milhões)	13.391	16.701	20.624	24.437	29.418	31.441	35.278
Faturamento por área – telecomunicações (R\$ milhões)	7.431	8.760	13.006	16.451	16.742	17.465	21.546
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Faturamento (R\$ bilhões)	111,8	124,4	138,1	144,5	156,7	153,8	142,5
Produção física (variação anual em %)	(15,9)	8,5	(0,4)	(8,3)	4,1	(4,8)	(21,0)
Exportações (US\$ FOB milhões)	7.522	7.723	8.198	7.719	7.218	6.552	5.912
Importações (US\$ FOB milhões)	25.436	35.836	40.746	40.229	43.599	41.158	31.435
Faturamento por área – componentes elétricos e eletrônicos (R\$ milhões)	8.263	9.502	9.828	9.755	10.696	10.370	10.071
Faturamento por área – informática (R\$ milhões)	35.278	39.864	43.561	43.561	47.046	37.660	30.170
Faturamento por área – telecomunicações (R\$ milhões)	18.367	16.714	19.901	22.811	26.689	29.592	28.309

Fonte: Adaptado de Abinee (2009; 2016).

Tabela A2. Principais produtos eletrônicos exportados pelo Brasil, 2010-2015 (US\$ FOB milhões)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Componentes para equipamentos industriais	532,4	692,0	981,3	761,2	663,6	630,0
Eletrônica embarcada	715,9	861,8	809,0	784,7	642,3	565,3
Motores e geradores	543,7	714,8	757,9	740,9	724,9	539,4
Motocompressor hermético	644,6	637,2	665,7	550,8	478,5	426,5
Instrumentos de medida	214,7	249,2	247,9	255,5	275,6	265,8
Componentes para material elétrico de instalação	228,8	236,2	234,8	239,5	232,9	205,0
Componentes passivos	156,3	180,8	161,5	186,8	192,0	184,5
Componentes para telecomunicações	196,3	277,4	230,7	196,6	155,9	178,4
Transformadores	312,9	214,2	221,5	237,7	244,8	156,0
Grupos eletrogêneos	173,1	96,1	70,3	161,9	146,4	143,0

Fonte: Abinee (2016).

Tabela A3. Principais produtos eletrônicos importados pelo Brasil, 2010-2015 (US\$ FOB milhões)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Componentes para telecomunicações	4.644,0	5.636,6	5.653,4	6.645,0	6.833,8	5.075,7
Semicondutores	4.424,4	4.848,6	4.766,8	5.272,8	4.983,9	3.355,1
Componentes para informática	3.618,8	3.127,8	3.569,2	3.249,3	3.126,4	2.375,8
Instrumentos de medida	1.436,5	1.721,2	1.663,6	1.879,9	1.739,1	1.397,7
Eletrônica embarcada	1.067,1	1.311,3	1.466,5	1.754,8	1.587,9	1.344,5
Componentes para equipamentos industriais	967,9	1.256,0	1.446,1	1.609,1	1.493,9	1.217,5
Componentes passivos	864,8	976,5	970,9	1.044,1	995,5	742,2
Componentes para material elétrico de instalação	747,4	899,4	880,6	1.003,6	903,0	719,8
Aparelhos eletromédicos	772,0	783,1	723,1	781,0	786,1	659,1
Componentes para utilidades domésticas	461,7	616,4	613,1	799,2	841,5	635,7

Fonte: Abinee (2016).

Referências do Anexo

ABINEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. *Panorama Econômico e Desempenho Setorial*. [S.l.], 2009. Disponível em: http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_142.pdf. Acesso em: 22 abr. 2016.

ABINEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. *Panorama Econômico e Desempenho Setorial*. [S.l.], 2016. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon40.htm>. Acesso em: 22 abr. 2016.

Edição

Gerência de Editoração e Memória

Coordenação editorial

Luísa de Carvalho e Silva e
Sérgio Maranhão Carijó

Projeto gráfico

Luisa de Carvalho e Silva

Copidesque

Expressão Editorial

Diagramação e revisão

Expressão Editorial

Capa

Refinaria Design

ISBN 978-85-87545-60-2



9 788587 545602

EDITADO PELO DEPARTAMENTO DE COMUNICAÇÃO

MARÇO – 2020

DISTRIBUIÇÃO GRATUITA

 **BNDES** *O banco nacional
do desenvolvimento*

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL